



SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA DE LA
EDIFICACIÓN EN CANARIAS

MANUAL DE DISEÑO

Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.

Sostenibilidad energética de la **EDIFICACIÓN** en **CANARIAS**

MANUAL DE DISEÑO

Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.

ISBN: 978-84-693-9611-7



itc INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CANARIAS



Gobierno
de Canarias

itc



SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA DE LA EDIFICACIÓN EN CANARIAS

MANUAL DE DISEÑO

Edita

Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.

Realización y diseño

Daute Diseño, S.L.

Depósito Legal

GC. XXX - 2011

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, transmitida en alguna forma o medio alguno, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias, grabaciones o cualquier sistema de reproducción, sin la autorización por escrito de los autores



María del Mar Julios Reyes
Consejera de Empleo, Industria y Comercio
Presidenta del Instituto Tecnológico de Canarias

La mayoría de nuestras actividades cotidianas las realizamos en edificios, ya sea en nuestras viviendas o lugares de trabajo o en edificios de uso cultural, sanitario, etc. En cada uno de ellos debemos consumir energía para atender nuestras necesidades de iluminación, refrigeración, climatización, calefacción, etc.

Un edificio, independientemente de su tipología, supone la penúltima fase de una serie de actuaciones que van desde su concepción hasta su uso, quedando solamente la demolición y la recuperación del terreno o la construcción de un nuevo edificio como último escalón en su ciclo de vida. Durante este ciclo, la fase de utilización es la de mayor importancia debido a su duración, al consumo energético producido y a las emisiones de gases asociadas a este consumo. Este consumo energético variará dependiendo de las características constructivas del edificio, como la orientación, envolvente, aislamientos, etc.

De manera general, el número de nuevas edificaciones continúa aumentando, si bien recientes ajustes económicos globales han propiciado una disminución de esta tendencia. A pesar de que en los últimos años la normativa edificatoria nacional exige un mayor control de la demanda de energía en los edificios de nueva construcción, la mayoría de los edificios construidos en Canarias son anteriores a la entrada en vigor de esta normativa, con lo que los resultados, en forma de disminución de necesidades energéticas, se verán en unos años.

La optimización del consumo de energía de un edificio ha de basarse en unas determinadas premisas: su diseño debe permitir utilizar la menor cantidad de material constructivo y ha de seguir criterios bioclimáticos para aprovechar al máximo las condiciones climáticas de su ubicación, demandando menos energía de las instalaciones de agua caliente, climatización, iluminación, etc. Aún así, y dado que habrá que emplearlas, se hace necesario la incorporación de energías renovables que aprovechen las condiciones de sol y viento locales. Además, será ideal elegir el equipamiento más eficiente energéticamente y llevar a cabo medidas de ahorro en el manejo y uso de las mismas, con el objetivo de no malgastar energía alguna. Estas ideas responden al criterio básico de la sostenibilidad aplicada a la edificación.

Las primeras iniciativas sostenibles surgieron con la primera crisis del petróleo de los 70, pero a raíz del establecimiento del Protocolo de Kyoto en 1997, los objetivos medioambientales relacionados con la reducción de gases de efecto invernadero propiciaron la toma de decisiones en el campo de la reducción de la demanda de energía en la edificación. Con esta base, la Unión Europea elaboró una directiva (2002/91/CE) que certifica energéticamente los edificios y que se transpuso a cada uno de los estados miembros. En España, esta transposición ha dado lugar a la siguiente normativa aplicable a la edificación: el Código Técnico de la Edificación (CTE), la actualización del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y la Certificación Energética de Edificios (CEE).

Por otro lado, y según el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC sobre el Cambio Climático (*Cambio Climático 2007: Las bases científicas y físicas*), publicado en febrero del mismo año, la causa principal del calentamiento del sistema climático son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico, asociados en su mayoría a la quema de combustibles de origen fósil.

Un nivel más ambicioso lo representa el documento 7224/1/07 **Dos veces 20 para el 2020. El cambio climático, una oportunidad para Europa**, con el que la UE quiere reducir al menos en un 20% las emisiones de gases con efecto invernadero hasta 2020 en comparación con los niveles de 1990 y un 30% tomando el nivel actual para el mismo periodo; además, se plantea el objetivo obligatorio de llegar al 20% de energía renovable en 2020.

De toda esta energía renovable producida, parte se destinará directamente al consumo en los edificios. Así, en el sector edificatorio y anticipándose al objetivo del 2020, la UE tiene como meta para el 1 de enero de 2019 la construcción de edificios de energía cero, edificios que produzcan tanta energía como la que consuman. Esta energía provendrá directamente del aprovechamiento de las energías renovables del entorno (solar, eólica, geotérmica, etc.). Para los edificios existentes se prevé que se vayan alcanzando progresivamente incrementos en los porcentajes de producción renovable en 2015 y 2020.

Si analizamos nuestra situación energética, prácticamente toda la energía que consumimos en Canarias es de origen fósil y, al carecer de estos recursos, hemos de importar materias primas como el petróleo para satisfacer nuestras necesidades energéticas, lo que nos hace dependientes del exterior y vulnerables en caso de crisis. Pero las Islas Canarias disponen de otro tipo de recursos propios como el sol y el viento, que se pueden aprovechar con fines energéticos.

El sol y el viento son fuentes de energías renovables, no contaminan ni se agotan. Estas energías renovables, particularmente la solar y la eólica, han experimentado un interesante desarrollo tecnológico en el último cuarto de siglo y para muchos usos su viabilidad técnica y económica es ya incuestionable. Sin duda, el sector edificatorio presenta importantes mayores beneficios potenciales en cuanto a captación local y utilización masiva de estos recursos para distintos usos.

No se debe obviar tampoco la relación directa que existe en el Archipiélago canario entre territorio y medio ambiente: Canarias cuenta con unas características singulares, tanto morfológicas como naturales, que han supuesto que más de un 40% de superficie esté protegida. Un modelo de desarrollo más sostenible y duradero para las Islas debe fundamentarse en la defensa de estos conceptos.

El clima templado predominante en Canarias, con la presencia casi continua de los vientos alisios y a diferencia de otras zonas climáticas más extremas, propicia unas temperaturas medias confortables en las zonas de mayor concentración edificatoria y una excelente oportunidad para beneficiarnos doblemente de nuestro clima con unas edificaciones diseñadas bajo criterios sostenibles. Este concepto no es novedoso para nosotros: la arquitectura tradicional canaria es una muestra palpable de la adaptación de la edificación al clima.

La utilización de recursos para adaptarse al microclima local existente en su ubicación es patente: las estancias principales se orientan al abrigo de los vientos dominantes, los tejados permiten la evacuación rápida del agua de lluvia, se habilitan patios interiores para el refresco de la vivienda, ... sin duda, el conocimiento acumulado permitió la adecuación de las construcciones al entorno. Esta racionalización de la arquitectura se recupera en más proyectos, pero el aprovechamiento límite de las parcelas en zonas urbanas ha alejado el concepto de la sostenibilidad en la construcción más de lo que sería deseable.

Asimismo, el avance en el conocimiento exhaustivo del clima y la aplicación de técnicas constructivas y conceptos arquitectónicos, han hecho de la arquitectura sostenible un campo en el que la meteorología, la ingeniería y la arquitectura se unifican, dando paso a

la incursión de la I+D+i en el diseño y la construcción de edificios. Por otro lado, y a medio plazo, la implantación de lo que ahora denominamos nuevos conceptos energéticos como las pequeñas redes energéticas locales o la generación distribuida, tendrán presencia por defecto en las configuraciones de las próximas urbanizaciones energéticamente eficientes.

No debemos olvidarnos de la elevada presencia de la edificación especializada en el sector turístico, en el que el consumo de recursos energéticos redundará en la mejora de nuestro producto interior bruto, pero con una balanza que se desequilibra hacia un excesivo consumo de energía aún, con lo que el turismo es un sector fundamental en cualquier estrategia encaminada a maximizar el aprovechamiento de fuentes energéticas renovables y limpias en Canarias. En los establecimientos hoteleros, piezas clave de la industria turística, se debe centrar los esfuerzos dirigidos a optimizar la utilización de los recursos energéticos, rehabilitando la planta alojativa obsoleta y dotándolos de instalaciones de calidad y eficientes desde el punto de vista energético.

Canarias está dando grandes pasos en el desarrollo de estas ideas. Una experiencia reciente la supone la urbanización de 365 viviendas sostenibles del Plan Parcial Ciudad del Campo (Las Palmas de Gran Canaria), en la que se utilizaron soluciones sostenibles basadas en diseño bioclimático y uso de energías renovables. El estudio previo de las condiciones climatológicas de la zona ha permitido conseguir viviendas de alto grado de sostenibilidad mediante sistemas pasivos tanto en invierno como en verano. El proyecto fue abordado por VISO-CAN, S.A. (Viviendas Sociales e Infraestructuras de Canarias), con el asesoramiento del Instituto Tecnológico de Canarias, empresas públicas pertenecientes al Gobierno de Canarias, lo que consolida la apuesta autonómica por este concepto edificatorio.

A esta línea ascendente contribuirá este Manual de Diseño sobre la Sostenibilidad Energética en la Edificación, con aplicación directa en Canarias. Esta publicación ha supuesto un esfuerzo importante por parte del equipo redactor para crear un documento que sirva de referencia a los arquitectos, aparejadores e ingenieros en el objetivo de diseñar edificios energéticamente sostenibles: el diseño de los próximos proyectos edificatorios de nuestras Islas según sus contenidos contribuirá a la autosuficiencia energética del Archipiélago, una tarea apasionante y al mismo tiempo necesaria. Puesto que este objetivo es prioritario en una región como la nuestra, debemos expresar nuestro agradecimiento por la inestimable contribución del Instituto Tecnológico de Canarias, impulsor del proyecto, y de los arquitectos y profesionales colaboradores.

La consecución de los fines sostenibles se ha de abordar desde dos realidades con un elevado potencial en nuestro Archipiélago: las condiciones naturales nos proporcionan un excelente campo para lograr el máximo aprovechamiento de las energías renovables disponibles (sol y viento) y, por otro lado, una población consciente de la fragilidad de los recursos, con una experiencia ancestral en el uso y el ahorro del agua, lo que supone un bagaje previo que afronte el ahorro en el consumo de energía. Sin duda, Canarias es una zona privilegiada para edificar de manera que en lugar de utilizar energía para mejorar nuestro confort, utilicemos el clima para mejorar nuestro consumo de energía.

En un contexto energético en el que cualquier medida que suponga una optimización del consumo de energía tiene una elevada repercusión, una publicación sobre sostenibilidad energética es siempre una contribución que se hace al sistema global, lo que la convierte en una forma efectiva de luchar contra el cambio climático y el deterioro medioambiental.

Hace diez años confluyeron en una sola iniciativa las inquietudes del Instituto Tecnológico de Canarias, como entidad soporte de la I+D+i de Canarias en materia de energía, y las de arquitectos implicados y con años de experiencia en el diseño de edificios energéticamente sostenibles. De esa afinidad surgió la idea de avanzar en la adaptación de los contenidos bioclimáticos a la edificación en el Archipiélago canario, basándose sobre todo en el estudio pormenorizado del clima local como eje fundamental de este desarrollo. Ahora, varios años más tarde, con una sociedad cada vez más concienciada en el uso óptimo de la energía y con una normativa exigente sobre el consumo de energía en la edificación, se publica este Manual de Diseño sobre Sostenibilidad Energética en la Edificación.

El objetivo de este manual es comprometer a ingenieros, arquitectos, constructores, propietarios, etc. en el diseño y construcción de edificaciones energéticamente sostenibles, pero también posibilitar la rehabilitación de la edificación existente con los criterios mostrados. Esta información no sólo ha de manejarse por parte de los agentes implicados en esta fase, sino que debe hacerse extensiva entre los usuarios para que se exija, en sentido inverso, un cambio de actitud en las prácticas constructivas hacia la sostenibilidad energética. Esta arquitectura, que está lejos de pensarse como anecdótica y escasamente practicada, representa una oportunidad actual de diseñar para el futuro.

La arquitectura bioclimática se sostiene sobre unos principios definidos y demostrados de diseño, pero la base fundamental la ofrece la información climática del emplazamiento del edificio. Ante la inexistencia de metodologías de caracterización del clima en Canarias, se han formulado diferentes aproximaciones sobre la estructura del mismo, asumiendo generalizaciones y trazos gruesos (vertientes norte y sur, islas de mayor y menor relieve, etc.). Debido a esta escasa profundidad proporcionada por los datos meteorológicos primarios, la cartografía climática y las cartas bioclimáticas de Olgyay y Givoni presentadas en este Manual son de un gran valor, puesto que supone el grado más preciso de caracterización climática realizado hasta la fecha para el Archipiélago.

En este Manual no se ha perdido de vista el referente de la publicación **Arquitectura y Clima en Andalucía: Manual de Diseño**, editada en 1997 por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía, y que supone el primer documento a nivel nacional que optimiza el vínculo entre la arquitectura y el medio natural a través del clima. El modelo expuesto es pionero en nuestro país, abordando con rigurosidad las condiciones climáticas en ciudades andaluzas. Estos planteamientos han permitido realizar este Manual, adaptado a las condiciones específicas de Canarias, con lo que desde estas líneas se quiere expresar especial gratitud hacia sus autores.

El Manual se ha estructurado en tres partes principales que, aunque se presentan de manera independiente, existe un sutil hilo conductor que las engarza: la búsqueda del confort térmico interior y de la habitabilidad a través de un consumo nulo, o en su defecto, eficiente de energía.

En la primera parte se trata la relación entre las condiciones climáticas, el tamaño de la población y las adaptaciones biológicas al medio a través de la adaptación cultural lograda de manera evolutiva. Así, y a medida que se solucionan determinados riesgos como especie (supervivencia), se establecen nexos entre la disponibilidad de recursos naturales (agricultura, caza, etc.) con las condiciones climáti-

cas. Estas últimas han supuesto en la actualidad, y tras la adaptación de la arquitectura al medio nuevamente, un control más riguroso de los recursos consumidos.

Esta primera parte también aborda las peculiaridades del clima en general y, en particular, del clima en Canarias. Tras situar las visiones convencionales sobre el clima (naturalista, analítica y ambientalista), se ofrecen las características generales y básicas del clima a diferentes escalas (macro, meso y micro). En esta parte también se establecen los condicionantes del confort térmico en el ser humano, necesarios para entenderlo como objetivo de la arquitectura bioclimática. Finalmente se muestran las condiciones climáticas de las Islas: se relacionan las características climáticas de cada isla, atribuibles a las particularidades de su perfil altitudinal y de la morfología de su planta y se proporcionan los valores de temperatura, humedades máximas y mínimas, de dirección y velocidad del viento y de radiación empleados para elaborar los climodiagramas de Olgay y de Givoni en estaciones representativas de cada una de las islas, que serán utilizados en el siguiente bloque.

La arquitectura bioclimática supone el eje de la segunda parte, en la que la relación entre arquitectura y clima da paso a las cartas bioclimáticas (Olgay y Givoni) de las zonas elegidas como representativas de las zonas climáticas de Canarias para realizar, como punto final, un análisis exhaustivo de las distintas estrategias que pueden ser utilizadas en Canarias, dependiendo de las características necesarias de la construcción que indica Givoni. Además, se aporta información sobre las singularidades del aislamiento térmico en su aplicación a las edificaciones locales y sobre la transmisión del calor en muros, forjados y huecos.

La tercera y última parte, muestra los sistemas activos de control climático. Las posibilidades que ofrecen estos sistemas se basan en la aplicación directa de las tecnologías existentes de aprovechamiento de las energías renovables, y en el ahorro y la eficiencia energética. Para el primer caso se aborda la utilización de la energía solar como productora de agua caliente sanitaria, calefacción o electricidad (fotovoltaica) y su integración en la edificación. En cuanto al ahorro y la eficiencia energética, se muestran las instalaciones y los sistemas en los que tiene cabida la eficiencia energética, mediante la sustitución de equipos con elevados consumos de energía por otros que realicen el mismo trabajo pero que utilicen mucha menos energía, o la enumeración de prácticas de ahorro de energía.

Como se ha indicado anteriormente, para que una edificación responda a parámetros sostenibles energéticamente se debe disponer de unos datos climatológicos lo más completos y exactos posibles. A la existencia de datos de estaciones meteorológicas estándar se han unido los datos del Mapa Solar y del Mapa del Recurso Eólico de Canarias, ambos publicados, y que constituyen un banco de datos de indudable valor que el Instituto Tecnológico de Canarias ha proporcionado y que pretende ampliar con nuevas estaciones, algo que redundará en datos fiables y excelentes resultados en su aplicación.

La exactitud alcanzada en la obtención de estos datos, no sólo permite que los proyectos logren una elevada adaptación a su entorno, sino que abre otra vía, la predicción energética, con la que se puede adaptar la producción eléctrica por parte del suministrador principal si a priori prevé el ascenso o descenso de la temperatura y la puesta en marcha de sistemas de aire acondicionado o calefacción en los edificios.

El Instituto Tecnológico de Canarias, por último, agradece a los técnicos responsables del proyecto su entrega y dedicación y a los arquitectos redactores de los contenidos su implicación en la creación de un Manual que se convertirá en referente para la edificación en Canarias durante la próxima década.

PRIMERA PARTE. CRISIS AMBIENTAL, CONFORT TÉRMICO Y DE LA EDIFICACIÓN EN CANARIAS

15

Autor: Juan Pedro de Nicolás Sevillano. *Doctor en Biología*

Colaboradores: Juan Julio Fernández Rodríguez. *Doctor Arquitecto*; Ana María Sánchez Quintana. *Doctora en Matemáticas*; Pedro Augusto Báez Díaz. *Técnico Superior Informática*; Argelio García Rodríguez. *Doctor en Biología*; Pedro Gilberto Cabrera Oliva. *Doctor en Biología*; Francisco Ferrer Ferrer. *Doctor en Biología*; Emilio Nieto Rocha. *Licenciado en Biología*; Antonio de los Santos Gómez. *Doctor en Biología*

BLOQUE I. CLIMA Y ARQUITECTURA

- | | |
|--|----|
| 1. Evolución cultural, desarrollo sostenible y ecoclimatología | 19 |
| 2. Clima y eficiencia energética de la edificación en Canarias | 33 |

BLOQUE II. INFORMACIÓN BIOCLIMÁTICA AMBIENTALISTA

- | | |
|--|-----|
| 3. Información climática ambientalista y confort térmico | 51 |
| 4. Islas occidentales | 77 |
| 5. Islas orientales | 111 |

BLOQUE III. INFORMACIÓN BIOCLIMÁTICA SISTÉMICA

- | | |
|---|-----|
| 6. Visión sistémica del clima y del confort térmico | 149 |
| 7. Características básicas del clima en Canarias | 165 |
| 8. Condiciones climáticas generales | 187 |
| 9. Condicionantes del confort térmico | 207 |

SEGUNDA PARTE. DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN CANARIAS

225

Autoras: Margarita de Luxán García de Diego, *Doctora Arquitecta*; Araceli Reymundo Izard, *Arquitecta*

Colaboradoras: María de la Cruz Bango Yanes, *Arquitecta Técnica*; Jackeline Hernández Tejera, *Arquitecta Técnica*; María Victoria Marzol, *Doctora en Geografía*

BLOQUE IV. CLIMA Y CONFORT TÉRMICO

10. Introducción	229
11. Consideraciones sobre el clima a tener en cuenta para los diseños urbano arquitectónico	233
12. El ser humano y el confort	249

BLOQUE V. CONFORT TÉRMICO Y DISEÑO

13. Cartas bioclimáticas de las zonas estudiadas	265
14. Estrategias de diseño	353

BLOQUE VI. REFLEXIONES SOBRE LA ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS

15. El aislamiento térmico	397
16. Transmisión de calor en muros y forjados	401
17. Transmisión térmica en huecos	409

BLOQUE VII. CONCLUSIONES

18. Conclusiones	417
19. Bibliografía	419

Autores: Pilar Navarro Rivero, *Licenciada en Ciencias Físicas*; Ramón García Déniz, *Licenciado en Ciencias Físicas*

Colaboradores: Lidia Segura Acosta, *Ingeniera Industrial*; Águeda Santana Pérez, *Ingeniera Industrial*; Delia Cabrera Pérez, *Ingeniera Técnica Industrial*;

María Jesús Domínguez Hernández, *Ingeniera Técnica en Obras Públicas*; Salvador Suárez García, *Ingeniero Industrial*; Gonzalo Piernavieja Izquierdo, *Licenciado en Ciencias Físicas*.

BLOQUE VIII. SISTEMAS ACTIVOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

20. Introducción	427
21. Certificación energética de edificios	429
22. Energías renovables y arquitectura	433
23. Eficiencia energética en instalaciones consumidoras de energía	455

CRISIS AMBIENTAL, CONFORT TÉRMICO
Y DE LA EDIFICACIÓN EN CANARIAS

BLOQUE I

CLIMA Y ARQUITECTURA

Juan Pedro de Nicolás Sevillano
(autor)

Juan Julio Fernández Rodríguez
Ana María Sánchez Quintana
(colaboradores)

1. EVOLUCIÓN CULTURAL, DESARROLLO SOSTENIBLE Y ECOCLIMATOLOGÍA

J. P. de Nicolás Sevillano, J.J. Fernández Rodríguez, A. M.^a Sánchez Quintana

RESUMEN

El hombre ha subsistido a lo largo de la historia gracias a su capacidad de “evolución biológica”, de “evolución cultural general” y de “evolución cultural formal”. La *evolución biológica* actúa por variación genética y selección ambiental, permitiendo la adaptación a cambios relativamente lentos y graduales; la *evolución cultural general* actúa por exploración y selección no consciente, posibilitando la adaptación a cambios de velocidad media; por último, la *evolución cultural formal* actúa por variación y selección consciente, permitiendo responder adaptativamente a cambios rápidos debidos normalmente a la variación de la población y a poder asumir, esquemas culturales más comprensivos.

Durante las primeras fases de la humanidad la evolución biológica fue suficiente para una respuesta adaptativa. Después, al aumentar la población, la cultura general vino a desempeñar un papel más importante, al que se unió más tarde la cultura formal desarrollada por los filósofos griegos. Ésta permitió aumentar la capacidad adaptativa de la población y, con el incremento de ésta, la complejidad de los problemas. La nueva situación posibilitó que la ciencia analítica adquiriera valor adaptativo y que se desarrollara la tecnología con un éxito tal que, hasta principios del siglo XX, se consideró que la ciencia analítica proporcionaba un conocimiento cierto, sirviendo de soporte a un desarrollo tecnológico sin límites y permitiendo un desarrollo económico capaz de resolver todos los problemas humanos.

Sin embargo, la crisis epistemológica de principios del siglo XX vino a poner en duda la fe en el conocimiento cierto, en el crecimiento tecnológico ilimitado y en un modelo de desarrollo capaz de resolver todos los problemas. Con todo, el modelo de desarrollo económico heredado del siglo XIX continuó por inercia, hasta que la crisis ambiental de la segunda mitad del siglo XX vino a poner en evidencia que el modelo heredado del siglo anterior generaba problemas ambientales a pesar de incorporar objetivos y parámetros de este tipo, lo que exigió que se comenzara a plantear la necesidad de asumir una visión más comprensiva de la realidad.

Como primera alternativa, se incorporó una visión multidimensional representada por las ciencias ambientales, pero ante la acumulación de problemas ambientales globales relacionados con el cambio climático, se vino a plantear la necesidad de incorporar una visión más comprensiva aún, de carácter multidisciplinar, intercultural y sistémica. Según ésta, la realidad se considera resultado de la interacción entre múltiples elementos y factores (físicos, químicos y culturales) que, al actuar a diferentes niveles y escalas, generan diversas combinaciones, entre las que algunas son relativamente estables (adaptativas) bajo determinadas condiciones (nichos eco-culturales) y se percibe como reales, en tanto que otras poseen una existencia fugaz, prácticamente imperceptible y que no se perciben, sino que se interpretan.

Los *nichos eco-culturales* se caracterizan por la combinación de componentes naturales y culturales que cumplan la condi-

ción de que la comprensión de las soluciones culturales se adecúe al grado de complejidad de los problemas aparecidos a lo largo de la historia. Así, la realidad ha seguido un patrón de cambio caracterizado por la incorporación de visiones más comprensivas como respuesta a la aparición de problemas más complejos, patrón que se puede extrapolar con el objetivo de deducir, en función de su complejidad, las características de la visión que se precisa para gestionar los problemas más complejos que se acumulan a principios del siglo XXI, resultando así una *visión sistémica*¹ multidimensional, interdisciplinar e intercultural capaz de gestionar problemas complejos, de diferenciar un escenario que ayude a reducir la confrontación entre grupos y las interacciones negativas entre actividades y territorios, y de facilitar la coordinación entre estos grupos, disminuyendo la complejidad de los problemas (reduciendo la población, asumiendo un estilo de vida menos agresivo), mediante la mejora de la comprensión de la visión asumida y de la comunicación.

CRISIS E INFORMACIÓN

Crisis, subsistencia e información

En la actualidad, a principios del siglo XXI, la sociedad padece una crisis ambiental caracterizada por la acumulación de *problemas complejos*² a la que se han añadido otras crisis de distinta naturaleza (demográfica, económica, etc.), que no logran resolverse debido a la escasa *comprensión de la información*³ que ofrecen las visiones convencionales que se toman

como base de la gestión. La consecuencia de esta situación ha llevado a que se interprete como que, bajo las crisis referidas, subyace una *crisis de complejidad*⁴ motivada por la insuficiente comprensión de las visiones convencionales, planteándose la necesidad de incorporar una visión más comprensiva: la solución no es meramente técnica sino que exige un enfoque epistemológico que permita comunicar el concepto de información pues aunque, en general, se admite que “la información es poder”, resulta difícil precisar su significado. De hecho, este enfoque asume diferentes significaciones según se haga referencia a una realidad físico-química, biológica o cultural, y según las interpretaciones que se hagan desde la perspectiva asumida sobre el conocimiento, que hay que limitar para articular una teoría que sirva de base para su optimización (de suma importancia), pues han sido las adaptaciones culturales las que han posibilitado que la población humana haya seguido creciendo, en tanto que el resto de las especies han estabilizado su población después de un periodo de crecimiento exponencial.

La información. Necesidad de dar coherencia a un concepto polisémico

Desde una perspectiva *idealista*⁵ se considera que el conocimiento es fruto de una iluminación especial de la mente que se pone en contacto con el mundo de las ideas, las cuales representan la verdadera realidad, mientras que las realidades percibidas representan la sombra o reflejo de estas ideas, una visión que se ha aplicado, predominantemente, para el conocimiento de sistemas humanísticos. Por el contrario, desde la concepción *empirista*⁶ se considera que la realidad se percibe directamente a través de la percepción empírica y de la experimentación que permita conocer las leyes ciertas que rigen la realidad gracias a que ésta y la mente comparten el mismo origen y naturaleza. Finalmente, desde la perspectiva de la *visión adaptativa*⁷ se considera el conocimiento como el resultado de una combinatoria de construcciones culturales, entre las que se seleccionan las que resultan adaptativas por su capacidad para resolver problemas con determinado nivel de complejidad. La perspectiva adaptativa parte de la consideración de que la estructura del cerebro está

integrada por unos 100.000 millones de neuronas que ofrecen una amplia combinatoria resultado de una conexión a diferentes niveles, lo que permite la configuración de múltiples estructuras culturales, entre las que algunas resultan adaptativas para la solución de problemas de cierto grado de complejidad y persisten, hablándose de adaptaciones culturales. Éstas configuran una visión adaptativa que se diferencia de las anteriores en que estima que las diferentes construcciones culturales representan soluciones complementarias a problemas con diferente grado de complejidad, mientras que las dos anteriores consideran que las diferentes visiones se contraponen, al considerarse visiones verdaderas o falsas.

En general, desde la perspectiva adaptativa las diferentes visiones se asocian a problemas con diferente grado de complejidad. Así, la cultura general permite resolver problemas simples; la cultura formal naturalista, situaciones aún más complejas; la visión científico analítica, situaciones más complejas, fundamentalmente físico-químicas; y la visión científica adaptativa posibilita resolver cuestiones muy complejas en las que intervienen células, organismos, especies, ecosistemas y la cultura. Pero las diferentes visiones no se contraponen, sino que representan adaptaciones que permiten gestionar, complementándose, problemas con diferente nivel de complejidad, lo que, lejos de propiciar la confrontación y la incomunicación entre visiones, posibilita una comunicación interdisciplinar e intercultural que facilita la superación de enfrentamientos entre grupos (en debates públicos, conflictos administrativos, disputas en los tribunales y enfrentamientos físicos), ayuda al almacenamiento y a la comunicación de la información cultural, y ofrece una interpretación unificadora sobre la información y el cambio aplicable a la realidad físico-química, biológica y cultural.

EVOLUCIÓN FÍSICO-QUÍMICA, BIOLÓGICA Y CULTURAL. LOS PRIMEROS HOMÍNIDOS

Proceso evolutivo inicial

Desde una perspectiva adaptativa, se puede considerar que la realidad que se percibe comenzó hace unos 15.000 millones

de años con el *big bang*, originándose una gran variedad de átomos y partículas (figura 1.1.a); después, hace unos 4.000 m.a. se diferenciaron la superficie terrestre, los mares y la atmósfera (figura 1.1.b), iniciándose poco después la evolución biológica y la sucesión ecológica, lo que posibilitaría la diferenciación de organismos procariotas⁸ sin núcleo, de organismos *eucariotas*⁹ *unicelulares* y *pluricelulares*, y de especies y ecotipos (figura 1.1.c) asociados a “nichos ecológicos” específicos que, a su vez, formaban parte de sistemas más amplios representados por ecosistemas locales, regionales y globales (Biosfera).

En este marco ecológico evolucionaron los primeros homínidos¹⁰, que presentaban la particularidad de andar erectos y evidenciar manifestaciones culturales poco diversificadas (figura 1.1.d). A estas conclusiones se añadirían, más recientemente, construcciones culturales formales (figura 1.1.e), constituyéndose “nichos eco-culturales” caracterizados por la asociación de determinadas condiciones naturales, problemas con determinado nivel de complejidad y construcciones culturales con un nivel de comprensión adecuado.

En concreto, hace unos dos millones de años existían varios géneros de homínidos (*Australopithecus*, *Homo*, etc.), con una

¹ Visión caracterizada por prestar especial atención a la relación entre parámetros y elementos.

² La complejidad de un problema depende del número de factores y del tipo de relaciones entre ellos. La complejidad aumenta si las relaciones no son lineales ni unidireccionales.

³ La comprensión de una información depende del tipo de variables e interacciones que permite tener un contexto.

⁴ Situación en la que se acumulan los problemas pese al esfuerzo por resolverlos, atribuible a que el esquema de pensamiento no es suficientemente comprensivo para el nivel de complejidad de los problemas.

⁵ La visión idealista es la asumida por Platón y seguidores.

⁶ Considerar que la realidad que existe es la comprensiva. Está más relacionada con Aristóteles.

⁷ Representa una concepción sobre el conocimiento que pone mayor acento en el efecto positivo adaptativo que en el concepto de verdad o falsedad.

⁸ Los organismos procariotas se caracterizan porque las células no tienen núcleo.

⁹ Los organismos eucariotas se caracterizan porque sus células poseen núcleos diferenciados.

¹⁰ Antecedentes más directos del hombre moderno. Se caracterizan por desplazarse erguidos y utilizar herramientas elementales.

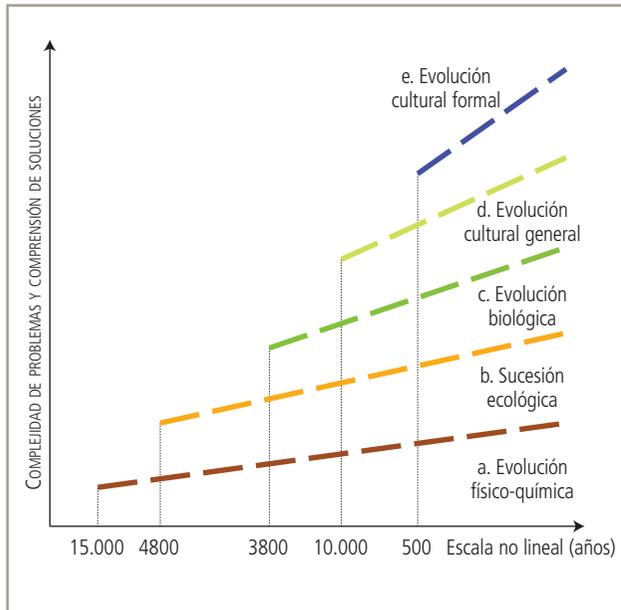


Figura 1.1. Velocidad de cambio de la información adaptativa de la evolución físico-química (a), sucesión ecológica (b), biológica (c), cultural general (d) y cultural formal (e), que se diferencian por su antigüedad, por la velocidad de respuesta adaptativa y por las expectativas de su proyección temporal.

densidad poblacional baja y con unas variaciones graduales del medio, condiciones en las que las adaptaciones biológicas garantizaban la subsistencia pero en las que las adaptaciones culturales desempeñaban una función menor. Según fue aumentando la población, se requirió intensificar la explotación de los ecosistemas, alterándose mecanismos naturales que regulaban condiciones básicas para la subsistencia que, al aumentar su velocidad de variación, motivaron que las adaptaciones biológicas resultaran insuficientes. En ese contexto adquirieron valor adaptativo las adaptaciones culturales, las cuales permitieron responder a los cambios del medio con más rapidez que las adaptaciones biológicas (figura 1.1.d), aumentando la población.

Como consecuencia de este aumento poblacional fue necesario intensificar la explotación del medio, con la consiguiente

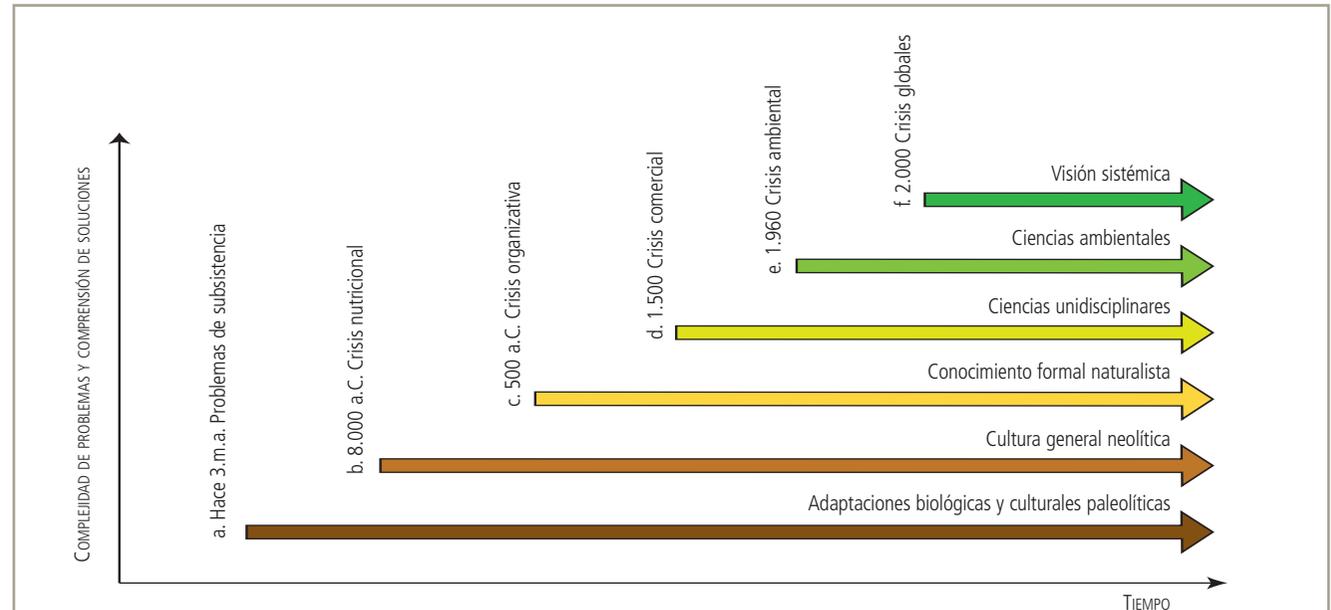


Figura 1.2. Patrón de evolución biológica y cultural resultado de la aparición de estructuras biológicas y culturales resultan adaptativas para poblaciones con determinado nivel de complejidad. Cuando surgen nuevos problemas más complejos se posibilita que adquiera valor adaptativo una visión más comprensiva sobre la realidad que motiva una nueva línea evolutiva.

degradación de los mecanismos de regulación natural, lo que obligó a tirar en el valor adaptativo de un nuevo tipo de información cultural: la visión formal desarrollada por los filósofos griegos que permitía esta adaptación de manera óptima frente a la propiciada por la cultural general (figura 1.d); esto posibilitó que siguiera aumentando la población, ya que con la sucesiva diversificación cultural formal se permitió la incorporación de nuevos esquemas culturales formales, cada vez más comprensivos, representados por la cultura formal naturalista, la cultura científico analítica, las ciencias ambientales y la ciencia sistémica, que han subsistido gracias a ofrecer mayor velocidad de esa respuesta adaptativa (pendiente sucesivamente mayor), indispensable para gestionar problemas sucesivamente más complejos.

Evolución biológica y cultural de los homínidos. El Paleolítico

Durante los dos últimos millones de años han subsistido varias especies de homínidos pertenecientes a los géneros *Australopithecus* y *Homo* (*erectus*, *habilis*, etc.) a pesar de los cambios motivados por la alternancia de periodos glaciales e interglaciales y por eventos catastróficos (erupciones volcánicas, impacto de meteoritos etc.), todo ello gracias al valor adaptativo de la combinación de adaptaciones biológicas y culturales configuradoras de "nichos eco-culturales". Éstos han ido surgiendo como resultado de una dinámica fruto de la interacción entre el aumento de la población, la generación de crisis de complejidad y la incorporación de visiones culturales adaptativas cada vez más comprensivas acordes con la complejidad de los problemas desencadenantes de diferentes crisis (figura 1.2).

Los nichos *eco-culturales* más antiguos (2.300.000-700.000 años a.C.) se configuran durante el *Paleolítico ancestral* y se caracterizan por la asociación de restos óseos poco evolucionados y de herramientas líticas rudimentarias (cantos fragmentados), que permitían descuartizar los restos de las presas que arrebataban a los depredadores. Más tarde (700.000-40.000 años a.C.) aparecen nichos *eco-culturales* caracterizados por la asociación de restos fósiles más evolucionados junto a herramientas líticas más variadas (hachas bifacies) características del *Paleolítico inferior*¹¹. A estos nichos se añadirían nichos *eco-culturales* caracterizados por la asociación de restos fósiles y herramientas líticas características del Paleolítico medio¹².

Aparición y evolución cultural del hombre moderno

El hombre moderno aparece en África hace 120.000 años durante el *Paleolítico superior*¹³, asociado a nichos *eco-culturales* caracterizados por la asociación de restos óseos similares a los del hombre actual (homo sapiens u hombre moderno) y herramientas de piedra muy especializadas características de este periodo, y que evidencian una mayor evolución cultural, lo que hizo posible que las poblaciones se adaptaran más rápidamente a los cambios del medio y de los recursos, aumentando su tamaño y extensión por los cinco continentes. Esto exigió que se intensificara la explotación de los ecosistemas, desapareciendo algunas especies y degradándose diversos mecanismos que regulaban naturalmente factores ambientales significativos para la subsistencia y la calidad de vida de la población y propiciando que la cultura asumiera valor adaptativo, al permitir responder con más celeridad a los cambios del medio.

En este marco, hace unos 40.000 años, cuando el centro de Asia y el norte de Europa se encontraban ocupados por capas de hielos de cientos de metros de espesor, el hombre moderno llegó a Australia siguiendo un camino que discurría bajo condiciones tropicales, cruzando el mar en varios tramos, pero evitando rutas terrestres más al norte debido al frío, que limitaba su subsistencia al carecer de vestimentas y viviendas, mientras que las barreras marinas resultaban entonces más fáciles de cruzar debido a que la acumulación de hielo en los polos motivó el

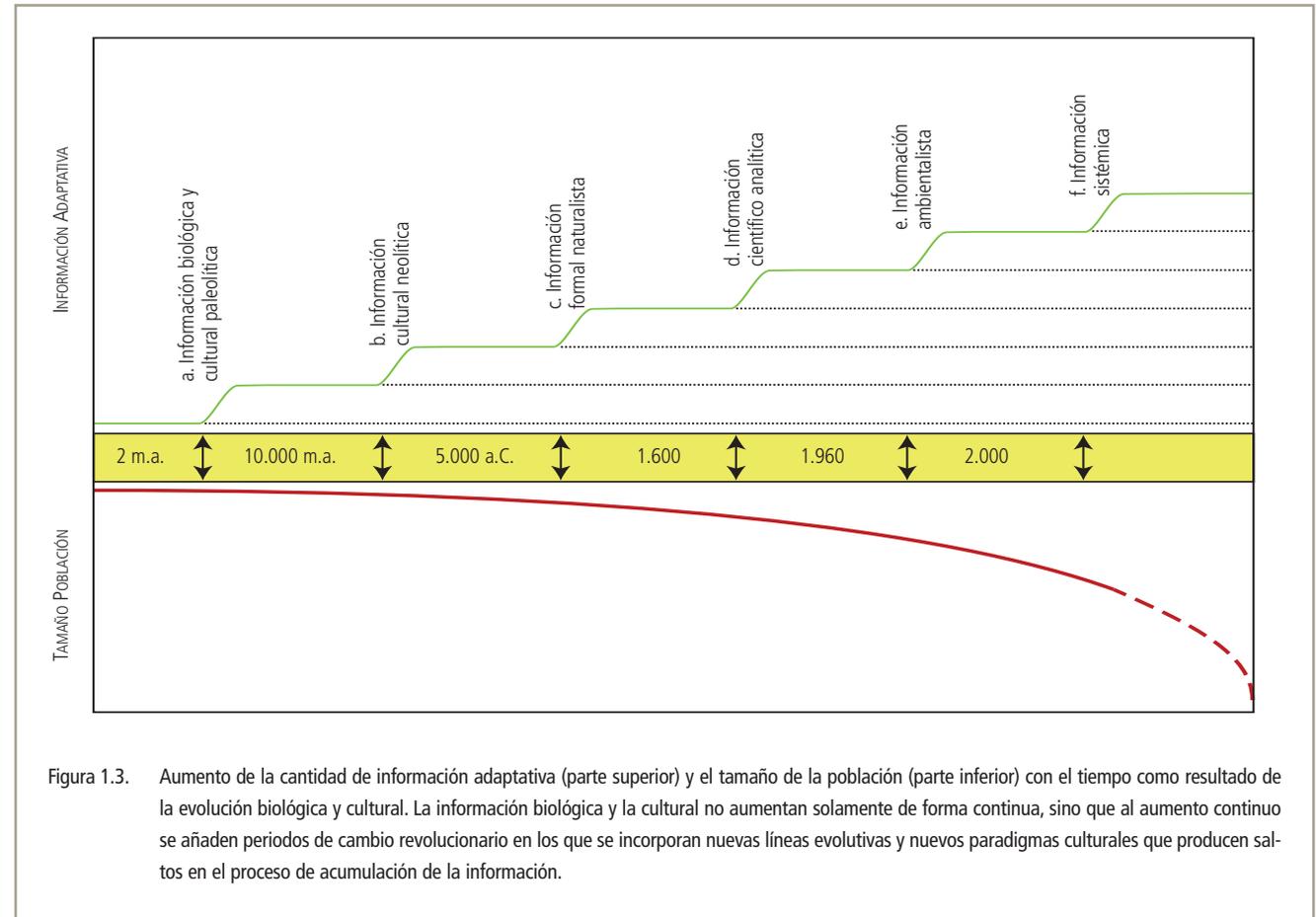


Figura 1.3. Aumento de la cantidad de información adaptativa (parte superior) y el tamaño de la población (parte inferior) con el tiempo como resultado de la evolución biológica y cultural. La información biológica y la cultural no aumentan solamente de forma continua, sino que al aumento continuo se añaden periodos de cambio revolucionario en los que se incorporan nuevas líneas evolutivas y nuevos paradigmas culturales que producen saltos en el proceso de acumulación de la información.

descenso del mar y permitió que se cruzaran a pie áreas actualmente ocupadas por el mar.

Sin embargo, esta situación sería transitoria, pues pronto (30.000 años a.C.), el hombre moderno experimentó una importante evolución cultural caracterizada por el uso de vestimentas de piel, de viviendas y por el empleo de arcos y de lanzas para cazar las grandes presas que pastaban en las estepas frías del norte. De este modo, se extendió por el centro de Asia, por Europa occidental, (donde se encontró con los neandertales) y finalmente por América atravesando el estrecho de Bering a pie, cubierto entonces por el hielo, dispersándose luego con gran

velocidad por toda América gracias a que portaban una rica información acumulada durante el largo proceso de diversificación cultural del Paleolítico que, secundariamente, evitó la diversificación biológica (razas, ecotipos), garantizando la unidad de la especie humana.

¹¹ Primera fase del paleolítico de cuya dimensión puede superar el millón de años.

¹² Periodo en el cual se diversifican las herramientas líticas.

¹³ Última fase del Paleolítico. Las herramientas pueden ser muy variadas.

Revolución neolítica. Grandes imperios

Hace 10.000 años, el aumento relativamente rápido de la temperatura determinó el retroceso de los hielos, el desplazamiento hacia el norte de las especies y la desertización de los terrenos más meridionales, motivando una importante crisis alimentaria. Como respuesta, la población desarrolló múltiples adaptaciones culturales que se materializaron en nichos eco-culturales nómadas, agrarios y urbanos (figura 1.3.b) que posibilitaron el crecimiento de la población.

Una parte de la población superó la crisis desplazándose hacia el norte siguiendo a las presas; otra parte la superó gracias al cambio cultural que supuso el Neolítico (10.000-4.000 años a.C.), caracterizado por el uso de herramientas de piedra pulimentada y de recipientes de cerámica, el desarrollo de la agricultura, que se tradujo en el aumento de la producción y del comercio, y el desarrollo urbano, que permitió la aceleración de los flujos de información, en tanto que otros grupos localizados en zonas esteparias en las que la agricultura no resultaba adaptativa desarrollarían nichos basados en la vida nómada.

En los nichos *eco-culturales urbanos* aumentó extraordinariamente el flujo de información y la diversificación cultural, creándose grandes imperios fuertemente jerarquizados que permitían concentrar la energía y la información necesaria para realizar las obras hidráulicas indispensables para regular el curso de grandes ríos (Éufrates, Tigris, Nilo, Indo) y extender los regadíos, lo que permitió aumentar la producción agrícola y crear grandes núcleos urbanos en los que se almacenaban alimentos, se elaboraban herramientas, se comercializaban excedentes, se concentraba la población proveniente de zonas próximas menos productivas y se aceleraban los flujos de información, creándose una clase de sacerdotes y de sabios encargada de guardar y transmitir la información cultural, que contribuyó a que siguiera aumentando la población.

La población que siguió el desplazamiento de las especies hacia el norte desarrolló nichos eco-culturales basados en la caza que terminarían por desaparecer cuando desaparecieron las presas. Por otro lado, las poblaciones que habitaban en estepas distantes de los valles fluviales, desarrollaron nichos eco-cultura-

les caracterizados por una cultura nómada que domesticaba caballos y necesitaba la creación de grandes ejércitos, con los que conquistaron los territorios fluviales más productivos.

Más tarde, se desarrollaron *nichos eco-culturales* característicos de la cultura del bronce (3.000-2.000 años a.C.) y de la cultura del hierro (1.200 años a.C.), aumentando la población gracias a que la nueva tecnología permitía intensificar la explotación del medio, aunque este incremento de la producción no fue gratuito sino que supuso importantes costes ambientales (salinización, erosión de los suelos), sociales y económicos, derivados de la fuerte jerarquización, que disminuyó la creatividad y el rendimiento de la información y se tradujo en una *crisis de complejidad*, resultado del desfase entre el aumento de la complejidad de los problemas y la insuficiente comprensión de las estructuras culturales por parte de los sabios y sacerdotes. Ésta, a su vez, motivó diferentes crisis sectoriales que afectaron negativamente al desarrollo de la población, pero que supusieron una oportunidad para la incorporación de la cultura formal desarrollada por los filósofos griegos, al necesitarse una respuesta más rápida a los cambios del medio.

El desarrollo de la cultura formal fue el resultado del desarrollo de la escritura alfabética y de la lengua griega que, al facilitar la descripción de la realidad, permitieron acumular gran cantidad de información, reflexionar sobre ello y obtener una perspectiva más abstracta y general, fruto de estructurar el conocimiento en base a una serie de relaciones causales que facilitaban la acumulación, la transmisión y la utilización práctica de la información almacenada por los sacerdotes y los sabios (los cuales dejaron de ser funcionales). Por otro lado, esta nueva visión contribuyó a impulsar el comercio y el desarrollo de *ciudades estado* en torno al Mediterráneo oriental.

EVOLUCIÓN CULTURAL FORMAL

Crisis de los imperios, visión naturalista y ciudades estado

La *crisis de complejidad* derivada de los grandes imperios posibilitó que, en torno al siglo V a.C., adquiriera valor adaptativo una cultura formal desarrollada por los filósofos griegos materializada

en diversas configuraciones, entre las que adquirió especial protagonismo la "visión naturalista" de Aristóteles. Según esta visión, el Universo estaba integrado por astros luminosos y perfectos que giraban en órbitas circulares en torno a la Tierra, que ocupaba el centro del Universo y presentaba una naturaleza integrada por elementos materiales pertenecientes a diferentes especies (inertes y vivas), que mantenían entre sí un "equilibrio natural" que el hombre podía conocer y estaba obligado a mantener, como si de "los diez mandamientos de la Naturaleza" se tratara.

La *visión naturalista*¹⁴ sirvió de base para la organización, en primer lugar, de las *ciudades-estado* griegas; en segundo lugar, de las *ciudades imperiales* del mundo helénico; en tercer lugar, del Imperio Romano en torno a Roma como ciudad imperial y, finalmente, para la recuperación posterior a la invasión de los bárbaros. A esto contribuyó el desarrollo de *comunas comerciales*, que ayudaron a superar el feudalismo; el progreso del Islam, que favoreció la transmisión de las obras de Aristóteles y la recuperación de diversas obras clásicas con la traducción de los textos al latín por la Escuela de Traductores de Toledo; y la labor de copia y adaptación del pensamiento aristotélico al cristianismo a través de los monasterios, escuelas catedrales y universidades.

A estos avances seguirían el desarrollo de instrumentos comerciales como la letra de cambio y la contabilidad, que contribuyeron a que diversas ciudades del Mediterráneo central y occidental (Venecia, Génova, Barcelona) impulsaran el comercio con Oriente, conectando con ciudades más orientales como Constantinopla y Alejandría, donde convergían las rutas de caravanas que procedían del Oriente lejano y contribuyeron a la llegada del Renacimiento.

Crisis comercial a principios del Renacimiento. La ciencia analítica y las ciudades estado

El Renacimiento fue una época de intenso desarrollo cultural, comercial y económico en torno al Mediterráneo, impulsada

¹⁴ Visión ligada a Aristóteles según la cual la realidad constaba de elementos pertenecientes a respuestas fijas, lo cual representaba una visión simple que facilitaba la interpretación de la realidad, pero que no permite resolver los problemas actuales más complejos.

por *ciudades-estado* que mantenían su independencia y personalidad gracias a que la estructura territorial dificultaba la centralización del poder y favorecía la libertad de pensamiento y la creatividad cultural, lo que posibilitó el desarrollo de la ciencia analítica. Europa tomó así la cabecera del desarrollo cultural, que en otros momentos habría ostentado China, debido a la presencia en China de un sistema político fuertemente jerarquizado en torno al emperador, propiciado por condiciones geográficas homogéneas y grandes ríos que facilitaban la comunicación e impedían la independencia política e intelectual, dificultando la creatividad y la difusión de la información.

El éxito cultural del Renacimiento se vería interrumpido en el siglo XVI debido a la ocupación del Mediterráneo oriental por los turcos otomanos, que impidieron la libre navegación, el comercio y el intercambio cultural con Oriente, originándose una importante crisis comercial, económica y también cultural que repercutió negativamente sobre las condiciones de subsistencia y el bienestar de la población, pero que posibilitó que adquiriera valor adaptativo y se desarrollara una visión sobre la realidad más dinámica y comprensiva que la escolástica, la *ciencia analítica*.

La *ciencia analítica* se articuló inicialmente en torno a la concepción heliocéntrica sobre el universo de Copérnico, a los planteamientos metodológicos experimentales de Francis Bacon y a la formulación matemática de leyes deterministas de Galileo que permitían describir de forma precisa la dinámica de la naturaleza y realizar importantes avances astronómicos (telescopio), navales (navegación de altura), comerciales (apertura de nuevos mercados) y económicos y que hizo posible que la población siguiera aumentando.

Sin embargo, el éxito de la *ciencia analítica* no fue inmediato, sino después de un largo periodo de enfrentamiento dialéctico entre quienes asumían sus principios y los que sostenían los de *la escolástica*, que competían por la exclusiva posesión de un conocimiento cierto a partir de principios diferentes y motivaron, con frecuencia, los enfrentamientos dialécticos que se tradujeron en enfrentamientos físicos.

De un lado, *la escolástica* consideraba que la realidad constaba de elementos esenciales que se podían conocer mediante

el tipo de razonamiento deductivo que se enseñaba en las Universidades y que servía para elaborar reglamentos que regían las relaciones humanas. Del otro, la *ciencia analítica*¹⁵ consideraba que la realidad se regía por leyes deterministas que se podían conocer a través de la experimentación y del lenguaje de las matemáticas. Estas leyes se promovían más en Academias que en la Universidad y permitían el progreso tecnológico, de modo que, al asumir como referencias principios y procedimientos e instituciones diferentes, las posibilidades de intercambio eran prácticamente nulas, como recoge magistralmente la obra de Galileo "Los dos grandes sistemas del mundo", donde Salgreto (Galileo), Salviano (científico) y Simplicio (escolástico) dialogan sin entenderse.

Así, el triunfo de la ciencia no puede atribuirse a razones dialécticas, sino a razones prácticas adaptativas, ligadas a la realimentación positiva entre las contribuciones de la ciencia al desarrollo de la navegación de altura y la tecnología (el telescopio, la brújula, la carabela y el sextante), que impulsaron el comercio al hacer posible que los países con las posiciones geoestratégicas adecuadas, como Portugal y España, contribuyeran a restablecer el comercio con Oriente, circunvalando África y abriendo rutas comerciales con América, que se extendieron después hasta Asia a través del Pacífico, llegando a circunscribir el mundo por primera vez. Este avance permitió impulsar el comercio al necesitar la plata para dotar de liquidez a los mercados, lo que posibilitó el desarrollo económico y el impulso del conocimiento científico-teórico sin una aplicación práctica inmediata, y que posteriormente, contribuyeron a la revolución industrial. Esto no hubiera sido posible sin el desarrollo de las ideas relativas al libre comercio que sirvieron de base a la *primera revolución industrial* durante la segunda mitad del siglo XVIII, si bien su pleno desarrollo no llegó hasta el siglo XIX, gracias al uso continuado del carbón como fuente de energía de las máquinas de vapor, a la producción en serie, a la distribución a gran escala mediante barcos de vapor y al impulso de la burguesía que, con el liberalismo político y comercial, marcaron un sistema de gobernanza que confirió a la economía mayor flexibilidad que la generada por el mercantilismo del Antiguo Régimen,

que impulsó el crecimiento económico por encima de los imperios centralizados de Oriente.

Crisis epistemológica y ambiental del XX. La visión ambientalista

Durante el siglo XX se produce la *segunda revolución industrial*, caracterizada porque durante ella el petróleo robó el protagonismo al carbón y por la aparición de los automóviles, aviones y barcos a vapor, a lo que se unió el espectacular desarrollo de las comunicaciones y de los ordenadores, con resultados llamativos. Ello motivó que después de la Segunda Guerra Mundial se impulsara la especialización en la producción, pensando que un conocimiento científico cierto impulsaría un crecimiento tecnológico ilimitado que, con la división del trabajo y el libre comercio, permitiría resolver todos los problemas de la Humanidad.

Pronto se pudo ver que la situación no era tan positiva. Por un lado, la lucha por los mercados coloniales provocó la Primera Guerra Mundial, que tendría continuidad en la Segunda. Además, durante la primera mitad del siglo, se produjo una *crisis epistemológica* que llevó a dudar de los fundamentos de la ciencia y de la especialización que dificultaba la comunicación interdisciplinaria, a lo que se añadiría la constatación de que no siempre el proceso tecnológico es positivo, como ha ocurrido con la bomba atómica y, de forma más generalizada, con la *crisis ambiental* de la segunda mitad del siglo XX.

La *crisis epistemológica*¹⁶ de principios del siglo XX se inició con motivo de la teoría general de la relatividad de Einstein, que planteaba principios contrapuestos a los asumidos por Newton, considerados hasta entonces el ejemplo más claro de la verdad científica cierta. Se pusieron a prueba ambas visiones, resultando vencedora la de Einstein, lo que supuso el resquebrajamiento de la confianza científica entre el grupo reducido de científicos más sobresalientes, mientras que la mayoría no llegó a tomar

¹⁵ En la ciencia de Galileo. Considera que el conocimiento se mejora descomponiendo la realidad en más componentes aplicando una metodología experimental en el laboratorio. Permite grandes éxitos en el caso de sistemas surgidos con pocas variables e interacciones escasas y lineales o aditivas.

¹⁶ Se refiere a la crisis de los fundamentos de la ciencia.

conciencia de la situación. Afortunadamente, Popper formuló una solución, la *teoría falsacionista*¹⁷ sobre la ciencia, según la cual no era posible un conocimiento cierto, pero se podía aumentar la información de forma continua mediante la formulación de conjeturas y la continua *falsación* o comprobación experimental de las predicciones.

Kuhn vino a poner en evidencia que el progreso del conocimiento no era continuo y gradual, sino que experimentaba cambios revolucionarios. Además, varios autores han evidenciado que resulta más coherente pensar en el conocimiento en términos adaptativos, en relación con la resolución de problemas de determinado nivel de complejidad, que en la interpretación en términos de verdad y falsación absoluta, pues esto es causa de múltiples enfrentamientos. A ello se unió la evidencia de que las adaptaciones técnicas no son siempre positivas para la humanidad, así como la dificultad para resolver problemas complejos debido a la dificultad de comunicación interdisciplinar a que conduce el proceso de especialización del conocimiento y de la investigación, impulsada en las universidades a partir de la Segunda Guerra Mundial.

Pese a la crisis de los principios científicos que servían de base al modelo de desarrollo dicho modelo continuó aplicándose durante la primera mitad del siglo XX, posiblemente por inercia social. Pero al acumularse problemas ambientales sucesivamente más complejos durante la segunda mitad del siglo, se vino a tomar conciencia de las limitaciones del modelo de desarrollo, asumiéndose la necesidad de incorporar una visión que sirviera de fundamento a un modelo de desarrollo económico que asumiera objetivos y parámetros ambientales, realizando pequeños ajustes para gestionar problemas ambientales locales; pero al aumentar la población e intensificarse la explotación del medio se desregulaban más parámetros que afectaban a la subsistencia y a la calidad de vida, reconociéndose la necesidad de incorporar *parámetros ambientales*¹⁸ en la gestión aumentando su complejidad, lo que ha sido posible gracias a los sistemas de prospección remota (fotos, satélites de reconocimiento), a la capacidad de los ordenadores con las bases de datos, al análisis de la estadística multivariante (componentes principales, clúster,

etc.) y a los sistemas de información geográfica (GIS). También ha influido la incorporación de técnicas específicas de gestión ambiental como la evaluación del impacto ambiental, EIA, los sistemas de calidad ambiental, EMAS, y la evaluación de los servicios de los ecosistemas, la responsabilidad social corporativa y el análisis de escenarios y de conceptos relacionados con la gobernanza. Esto configuró una visión ambientalista de la realidad representada por las ciencias analíticas y posibilitó la resolución de algunos problemas ambientales relativamente simples.

Pero según aumentaba la población, surgían problemas más complejos asociados a efectos transfronterizos, a la desigual distribución de costes y beneficios económicos y ambientales del desarrollo entre países desarrollados y en vías de desarrollo, y a la conexión entre las generaciones actuales y las futuras, lo que contribuyó a que se asumiera como objetivo la idea de *desarrollo sostenible*¹⁹, caracterizado por tratar de integrar información ambiental y económica relativa a las demandas de los países desarrollados y de las de países en fase de desarrollo, así como las de las generaciones actuales y de las futuras, que le confieren una especial coherencia teórica. Sin embargo, su repercusión práctica ha sido reducida, atribuible a la reducida comprensión de las ciencias ambientales en relación con la elevada complejidad de los problemas ambientales, de forma que se motiva una *crisis de complejidad*²⁰ causante de la acumulación de problemas complejos. Esto conduce a plantear como alternativa la incorporación de una visión sobre la realidad o paradigma más comprensiva que la *visión ambientalista*²¹, la cual integra las aportaciones derivadas de la crisis epistemológica relativa a la visión falsacionista, los cambios de paradigmas, el enfoque adaptativo sobre el conocimiento así como un enfoque sistémico multidisciplinar y multicultural que complementa la información de la ciencia analítica y de las ciencias ambientales para dar respuesta a los problemas complejos del siglo XXI.

Acumulación de problemas complejos a principios del S. XXI. La visión sistémica adaptativa y Ecoclimatología cultural

A principios del siglo XXI se constata la acumulación de problemas ambientales de carácter global (cambio climático),

social, financiero y económico derivados de la *crisis de complejidad* inducida por el aumento de la complejidad de los problemas y como consecuencia del aumento de la población y de la movilidad que motivan que aumente el conflicto de intereses (sociales, individuales), las interferencias entre actividades (agrícolas, ambientales, ocio) y entre zonas sometidas a diferente grado de explotación (naturales, urbanas, agrícolas), la confrontación entre grupos de población (conservacionistas y desarrollista) y la descoordinación de los organismos responsables de la gestión (ambiental, económica, agraria), de modo que se puede interpretar que bajo los problemas y las crisis sectoriales (ambiental, económico, etc.) subyace esta *crisis de complejidad*.

La *crisis de complejidad* es atribuible al aumento de la población y al predominio de un modelo de desarrollo poco comprensivo que se orienta a optimizar los resultados locales a corto plazo aplicando esquemas simplistas con baja comprensión (consideración de un número reducido de parámetros), en detrimento de la eficiencia y de un horizonte más amplio, el cual requeriría una visión más comprensiva. Esto plantea la necesidad de incorporar visiones más comprensivas de la realidad y del conocimiento, como la *visión adaptativa* del conocimiento y la *visión sistémica* de la realidad, que permitan dar respuesta a los problemas complejos y a las situaciones conflictivas caracterizadas por el choque entre actividades, entre zonas y entre grupos con visiones o intereses distintos.

Para el desarrollo de la nueva visión hay que asumir una apertura mental que se articula por la creencia de que la ciencia proporciona un conocimiento cierto, que hace que cualquier cambio se considere innecesario y que pueda mantenerse la fe en la certeza de las leyes físicas, en las leyes químicas y en la

¹⁷ Plantea que aunque no es posible un conocimiento cierto se puede mejorar la información a través de la formulación de conjeturas que se falsean o comprueban: experimentación continuada.

¹⁸ Factores significativos que se consideran en la gestión del desarrollo.

¹⁹ Un concepto difícil de definir pero que podemos sintetizar como un desarrollo más comprensivo que no se limita a tener en cuenta los efectos a corto plazo e inmediatos.

²⁰ Se produce cuando la complejidad de los problemas superan la comprensión de las soluciones culturales.

²¹ Visión asociada a las ciencias ambientales.

mano oculta que rige la economía. Así, se plantea como alternativa asumir una *visión adaptativa interdisciplinar* del progreso cultural por variación y selección de las diferentes visiones culturales que resultan complementarias, debido a que cada una es adaptativa para la gestión de problemas con determinado nivel de complejidad. De este modo, el *cambio cultural* sería el resultado de un proceso de incorporación, sucesivamente más comprensivo, como respuesta a la existencia de problemas cada vez más complejos, que configurarían una visión y una metodología unitaria para diferentes tipos de problemas (físicos, biológicos, culturales) y presentarían variantes en función de la complejidad de cada problema y situación. Esto permitiría compartir objetivos, reducir las interferencias entre actividades, limitar el enfrentamiento entre grupos (ecologistas y desarrollistas), reducir los conflictos entre áreas, mejorar la coordinación entre organismos, posibilitar la descripción y realizar un diagnóstico de cómo mejorar la gestión de un territorio.

La nueva *visión sistémica multidisciplinar y multicultural* se materializa en la "Ecoclimatología cultural" y en una serie de herramientas operativas. La visión sistémica adaptativa de la *Ecoclimatología cultural* asume el núcleo de la Ecología, complementado con la información ambiental y cultural tomada de diferentes ciencias ambientales para que la visión sobre la realidad resulte suficientemente comprensiva. Además, para que esta información resulte operativa sin perder el carácter sistémico, hay que estructurar la información en torno a la información climática y a objetivos concretos ligados a nichos eco-culturales adaptativos ligados a la gestión de problemas con determinado nivel de complejidad.

Las herramientas operativas se caracterizan por ofrecer datos sistemáticos (como los "Atlas Ecoclimáticos"), facilitar su almacenamiento y acceso (que se recuperan con los "Sistemas Informáticos de Gestión" gracias a su soporte informático), y suministrar información (criterios) sobre el uso de los datos para resolver problemas concretos (agricultura, turismo, edificación bioclimática, etc.). También hay que contar con los "Manuales de Ecodiseño", los "Programas de Empleo Verde" y los "Marcos de Cooperación y Coordinación", que facilitan la comunicación y la coordinación.

Para que las herramientas operativas resulten adaptativas se necesita, además, que sean rentables, competitivas y garanticen la comunicación. Esto último representa una importante dificultad debido a que no es posible aplicar un esquema deductivo, al intervenir paradigmas diferentes y requerir que cada uno construya en su mente la nueva visión en función de la experiencia propia y de la información que se le suministre, de modo que, para contribuir a la comunicación de la nueva visión, es preciso transmitir una serie de elementos de referencia: poner en evidencia las limitaciones de los paradigmas convencionales para abordar problemas complejos, resaltar la coherencia de la *visión adaptativa cultural*, evidenciar un patrón de cambio que permita definir la nueva visión, mostrar la utilidad práctica de las herramientas operativas para resolver problemas concretos y reducir los conflictos e interacciones negativas entre visiones, actividades y áreas.

Por otro lado, lo referido necesita contar con instituciones culturales alternativas a las instituciones educativas convencionales, como la universidad (presentan una fuerte resistencia al cambio), y tratar de obtener la colaboración de empresas de promoción cultural, grupos editoriales y otros, que impulsen la comunicación.

ECOCLIMATOLOGÍA CULTURAL Y GESTIÓN AMBIENTAL

Aplicaciones de la Ecoclimatología

La Ecoclimatología representa una visión de la realidad y del conocimiento que posibilita:

- Gestionar problemas complejos relacionados con el diseño de proyectos, seleccionando el contexto que resulte adaptativo en función de la complejidad de los problemas y de los proyectos.
- Describir, evaluar y diagnosticar la gestión ambiental en un territorio, determinar su grado de adecuación y definir la estrategia a seguir para mejorar la gestión, bien sea reduciendo la complejidad o bien aumentando la comprensión de la visión asumida o mejorando la comunicación.
- Mejorar el escenario de comunicación interprofesional e intercultural para reducir el conflicto entre grupos de pobla-

ción, entre zonas o entre actividades y mejorar la coordinación de la Administración.

Selección de la visión a asumir para el diseño de un proyecto o la gestión de una actividad

Toda actividad de diseño, planificación y gestión exige el uso de dos tipos de información: los datos sobre diferentes variables o factores y los conocimientos sobre su aplicación. Ambos tipos de información dependen del marco de referencia o visión asumida, que deben adecuarse a la complejidad de cada situación y al tipo de información.

En general, en el caso de procesos físico-químicos (deterministas y antiguos y sobre los que ha habido tiempo para desarrollar adaptaciones) resulta adecuada la visión de las ciencias analíticas. Sin embargo, en el caso de información biológica y cultural (más reciente y compleja), se necesita asumir una visión menos determinista de carácter *estocástico*²², como la implicada en la evolución biológica y en la evolución cultural (general o formalizada), y que ofrece una respuesta adaptativa más rápida que la biológica, desempeñando un papel cada vez más importante en la gestión del medio. Las tres visiones representan casos particulares de una visión adaptativa general que se diversifica en función del nivel de complejidad, para lo que se precisa asumir una visión formal cuya comprensión se adecúe al nivel de complejidad de los problemas o de las situaciones (Figura 1.4). Si ello no fuera posible, se recurriría a tratar de generar soluciones más comprensivas, intensificando la evolución cultural a través del impulso a la I+D+i y renunciando a aplicar un esquema cultural formal insuficientemente comprensivo, pues el remedio sería peor que la enfermedad.

Descripción, evaluación y diagnóstico de la gestión ambiental de un territorio

Una situación diferente se produce cuando, en lugar de plantearse el diseño, el proyecto concreto o la gestión de un problema, se fija la atención en un área en la que confluyen múltiples

²² Un proceso estocástico equivale a un proceso probabilístico.

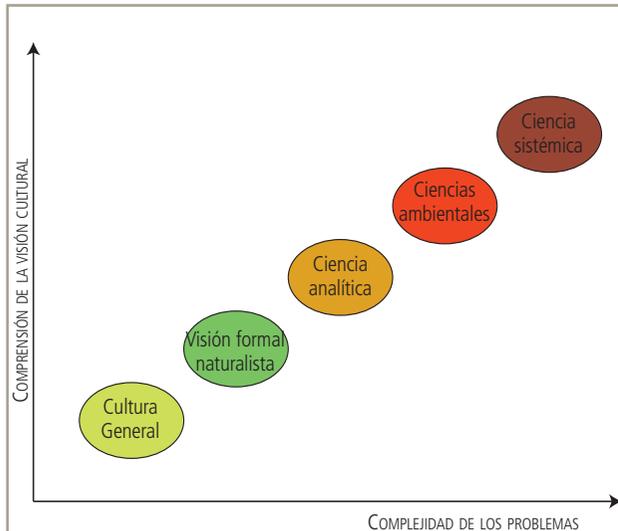


Figura 1.4. Diferentes "nichos culturales" que pueden ser adaptativos en un área y que se han venido configurando a lo largo de la historia. Cada nicho corresponde a una combinación adecuada entre problemas de cierto grado de complejidad y soluciones con un nivel de comprensión suficiente. En función de la complejidad del problema se precisa seleccionar un nicho que resulte adaptativo.

problemas con diferente nivel de complejidad y que cabe asociar a diferentes nichos eco-culturales (figura 4), exigiéndose diferentes soluciones potenciales de gestión, de los que las prácticas aplicadas se suelen distanciar, debido a que presentan diversas limitaciones de comprensión, de comunicación, de competitividad o de rentabilidad económica y hacen que puedan no ser adaptativas o que puedan perder este carácter si no se realizan ajustes para mejorar el resultado. De esto, la conveniencia de aplicar una metodología que posibilite la descripción, evolución y diagnóstico de la gestión de un territorio.

La descripción de la situación se facilita utilizando un gráfico de "nichos eco-culturales adaptativos" (figura 4) sobre el cual se representan, además de los nichos ecoculturales, las diferentes soluciones de gestión aplicadas (cuadrados) en fun-

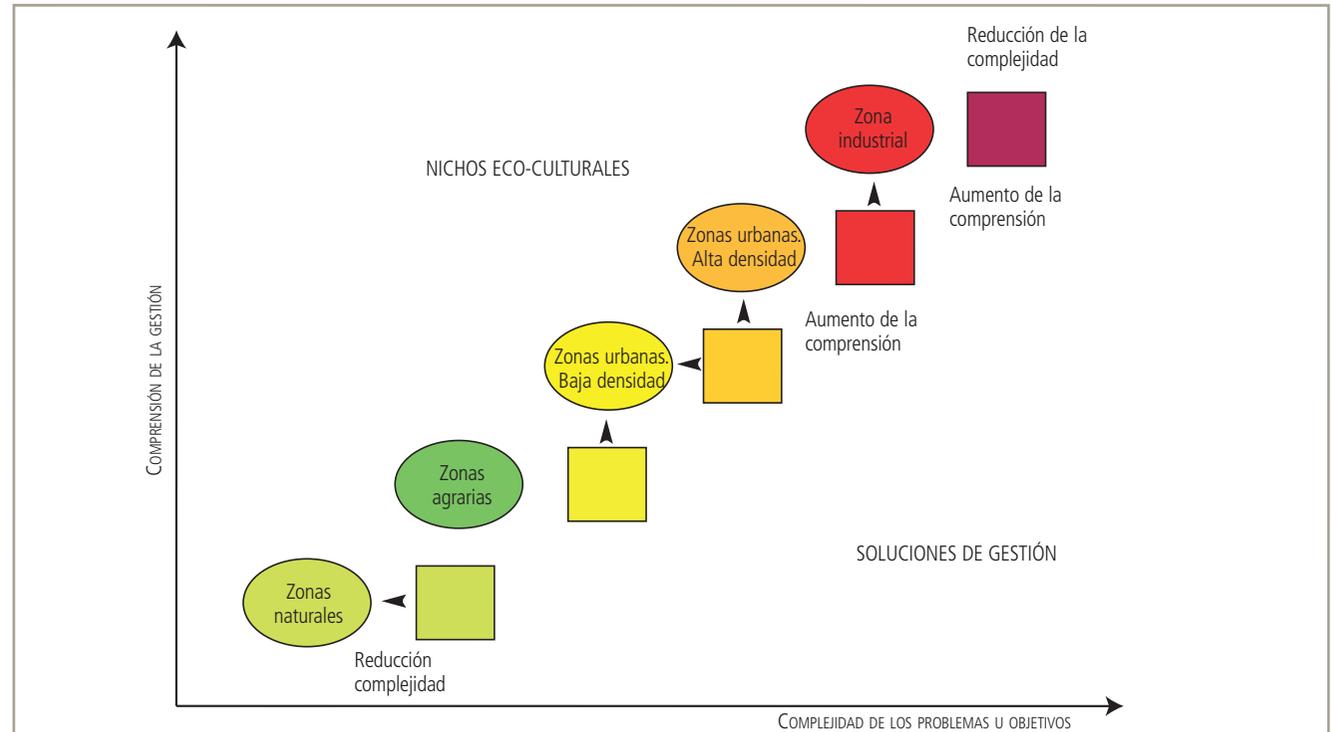


Figura 1.5. Gráfico de diagnóstico ambiental. Se representan los nichos culturales adaptativos y de las soluciones de gestión aplicadas en un territorio en función de la complejidad de los problemas y la comprensión de la visión asumida. La representación permite evaluar el grado de adecuación de la gestión a la situación potencial, así como diagnosticar como aproximar cada alternativa de gestión al correspondiente nicho adaptativo, sea aumentando la comprensión de la gestión o reduciendo la complejidad de los problemas.

ción del grado de complejidad de los problemas y de la comprensión de las soluciones, obteniéndose el "gráfico de diagnóstico ambiental" (figura 1.5) relativo a un conjunto de actividades o a diferentes opciones para un tipo de actividad, como puede ser la eficiencia energética en la edificación. En dicha figura la comprensión de las alternativas y la complejidad de los problemas se describen en función de una sola dimensión, pero integra información de diversos factores significativos (densidad de población, grado de desarrollo, explotación de los ecosistemas, complejidad de los problemas, legislación ambiental, siste-

ma de gestión ambiental, condicionantes culturales e inversión en I+d+i) a varias escalas, sintetizadas a través de un análisis multivariante.

Para evaluar el grado de adecuación de la gestión a partir del "gráfico de diagnóstico ambiental" se determina el valor medio de la distancia de cada solución al correspondiente nicho adaptativo, y para el diagnóstico cabe actuar, para mejorar la adecuación de la gestión, reduciendo la complejidad de los problemas (disminuyendo la población o aumentando el grado de sostenibilidad del modelo de desarrollo), ampliando la com-

preensión de la visión asumida (pasar de la visión ambientalista a la visión sistémica, por ejemplo) o acrecentando el contexto de comunicación para reducir la confrontación cultural entre grupos (naturalistas, ecologistas, profesionales, turistas, profesionales y gestores), entre actividad y entre territorio, propiciando la comunicación interdisciplinar e intercultural y facilitando la coordinación.

Adecuación del escenario de comunicación y coordinación

La gestión de un área concreta no depende sólo del grado de complejidad de los diferentes problemas asociados a cada *nicho eco-cultural*, sino también de las interferencias y conflictos entre diferentes nichos eco-culturales, que producen conflictos entre grupos culturales, profesionales, actividades y territorios dificultando la coordinación. También depende de la asunción de una visión que pondera el conocimiento cierto y que, al intensificar la competencia por el control de la verdad, produce enfrentamientos irreductibles al asumir principios diferentes que dificultan la comunicación. Sin embargo, la *visión sistémica adaptativa*, que pondera la complementariedad entre visiones o nichos eco-culturales, facilita la convergencia de objetivos y la coordinación y la comunicación, si bien subsiste el problema de no poderse aplicar el procedimiento expositivo deductivo convencional, por lo que se precisa construir la nueva visión en la mente de cada uno.

Para facilitar que cada uno construya en su mente esta nueva visión se necesita contar tanto con instituciones que suministren los elementos de referencia necesarios para facilitar el proceso de construcción personal como con las limitaciones de los paradigmas convencionales, la coherencia de la nueva visión y la aplicación de las herramientas operativas para resolver problemas complejos concretos. La dificultad radica en las instituciones educativas convencionales, que se resisten al cambio, por lo que es preciso contar con instituciones alternativas. Algo de esto se ha repetido en la historia, como evidencia la resistencia de las Universidades escolásticas a incorporar la visión de la ciencia analítica hasta el siglo XIX cuando en Alemania el conocimiento científico desplazó a la escolástica de

las Universidades y las Academias asumieron la función de desarrollo y difusión de la ciencia.

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL EN CANARIAS

Marco de referencia

Para evaluar y diagnosticar la gestión en Canarias se procederá a analizar la situación en dos periodos: los años ochenta y la actualidad (principios del siglo XXI), caracterizando los nichos eco-culturales y los procedimientos de gestión aplicados en cada periodo mediante el correspondiente "gráfico de diagnóstico ambiental", para analizar después la tendencia del cambio de un periodo a otro y poder estimar la proyección de futuro esperada en el caso de no introducir cambios o incorporar ciertos criterios de gestión.

En relación con la descripción de cada situación conviene diferenciar entre las características perceptibles directamente (fenosistema), y las no perceptibles directamente (criptosistema), relativas a condiciones ambientales físicas, químicas, biológicas, emocionales, legales, estratégicas y de gestión. Por otro lado, conviene diferenciar la problemática territorial, antropológica, socioeconómica y la relativa a la eficiencia energética y, finalmente, estimar la tendencia prevista de modo que permitan realizar un diagnóstico de los cambios a introducir en diferentes partes del territorio con el fin de mejorar el grado de adecuación, diferenciando entre los criterios a aplicar (conocimiento) y las herramientas a utilizar (normalmente, datos).

Situación ambiental a principios de los ochenta

La situación a principios de los ochenta fue el resultado del proceso de "desarrollo" iniciado en Canarias durante los años sesenta, dos décadas después del iniciado por la mayoría de los países europeos al finalizar la Segunda Guerra Mundial, el cual propició la eclosión de un "turismo de sol y playa" y que creció con el aumento del nivel de vida en el norte de Europa, con la demanda de ocio en playas cálidas y con el crecimiento del transporte con vuelos chárter, lo que posibilitó el desplazamiento

de grandes masas de población del norte al sur a precios económicos e impulsó el desarrollo de la actividad turística, de la urbanización y de la construcción de hoteles y viviendas. Todo ello contribuyó al aumento del PIB, de la renta per cápita, del nivel de vida de la población y el acceso a la educación y a la sanidad. Sin embargo, junto a estos aspectos positivos, se produjeron otros aspectos como la recalificación de terrenos y la intensificación de la explotación, con efectos secundarios negativos de carácter ambiental, consecuencia directa de la localización de construcciones y obras públicas en áreas con valor cultural y ambiental, así como por el resultado de las interferencias indirectas entre actividades, entre zonas y entre grupos de población con diferentes intereses y distinta visión de la realidad (naturalistas, geógrafos, arquitectos, economistas), que motivaron enfrentamientos en los medios de comunicación, en la calle y en los tribunales.

En los ochenta, quien llegaba por primera vez a Canarias, a juzgar por las características del fenosistema o paisaje, percibía una situación positiva. Al asomarse al mirador de Humboldt, en el Valle de La Orotava, se percibía un tapiz verde formado por los cultivos de plataneras jalonados de pequeñas superficies brillantes traducidos por los estanques de agua utilizados para el riego a lo que se sumaba la luz del sol, configurando una imagen idílica. Sin embargo, la población autóctona y diversos grupos ecologistas y naturalistas reclamaban una mayor atención al medio alegando problemas que afectaban al criptosistema y amenazaban al paisaje, a la biodiversidad, a la degradación de los suelos, al agotamiento del agua y a su contaminación y a la polución del aire, fruto de un modelo económico "desarrollista" basado en el "monocultivo" del turismo y de la construcción que interfería con la actividad agrícola, alterando el paisaje y la biodiversidad, que resultaba insostenible a largo plazo.

Como respuesta, la Administración vino a proteger una serie de zonas naturales y de especies que satisfacían en cierta medida la demanda de los naturalistas, así como a desarrollar campañas de educación ambiental que llevaron a los Ayuntamientos y a los Cabildos a interesarse más por la formación naturalista que por la formación en materias más estratégicas como la

informática, las matemáticas y los idiomas. Mientras se exalta el mundo natural y el rural, se subvencionó la importación de leche y vino a través del REA, contribuyendo a la práctica desaparición de las actividades de la cultura agraria y a su valor paisajístico. También se contribuyó al desarrollo de la construcción y del turismo a través del agotamiento de recursos como el agua y la competencia por la mano de obra, sin que se tomaran las necesarias medidas reguladoras, pues las licencias de obra permitían activar la economía a corto plazo y financiar a los Ayuntamientos.

Por otro lado, la Administración inició un proceso organizativo y de desarrollo de la normativa legal dirigido al cumplimiento de las normativas estatales y, de las directrices europeas sobre EIA y calidad ambiental (agua, aire), sin desarrollar una estrategia específica adaptada a las condiciones naturales, económicas y del paisaje de Canarias que garantizara la sostenibilidad a medio plazo. Esto hubiera exigido regular el crecimiento del turismo, de la urbanización, de las infraestructuras y del sector agrario en una forma equilibrada, labor compleja debido a los intereses de los Ayuntamientos, de los propietarios de los terrenos, de los promotores, de las empresas turísticas, de los profesionales ligados a estas actividades y de las entidades financieras.

No obstante, pese a las dificultades aludidas, la gestión ambiental ha permitido resolver problemas ambientales relacionados con la calidad del agua de abasto, la depuración de las aguas residuales, la calidad del aire y la protección de la biodiversidad. Sin embargo, se han venido acumulando problemas cada vez más complejos relacionados con el conflicto entre usos (particularmente en la zona costera), entre diferentes áreas (naturales, de consumo agrario, exportación, turísticos, urbanas extensivas, urbanas intensivas e industrial), la confrontación social entre grupos sociales y la descoordinación de la gestión.

Ante la situación referida, el Parlamento de Canarias formuló, de forma unánime y solemne, la necesidad de adoptar una "moratoria" para evitar la degradación del medio y garantizar la sostenibilidad de la actividad turística, lo que suponía el reconocimiento implícito de la insuficiencia del sistema de gestión

ambiental. La realidad confirmó que se trató de un diagnóstico y un tratamiento sintomático, temporal y coyuntural (moderar temporalmente el crecimiento), sin formular un programa coherente para gestionar los problemas derivados del aumento de la población y del modelo desarrollista, para cuya gestión se necesitaría incorporar una forma de pensar más comprensiva, desarrollar herramientas operativas que posibiliten la gestión de problemas complejos y definir un escenario que reduzca la confrontación entre personas, actividades y territorios a la vez que impulse la coordinación.

SITUACIÓN AMBIENTAL A PRINCIPIOS DEL SIGLO XXI

Evaluación general

A principios del siglo XXI los cambios en el paisaje resultan evidentes, no sólo para los ecologistas y la población autóctona como en los años ochenta, sino también para los turistas recién llegados, que perciben la degradación paisajística, en zonas de costa como consecuencia de la alta densidad de edificación, de las urbanizaciones y de las construcciones turísticas, de la acumulación de infraestructuras, del desplazamiento al sur de la agricultura intensiva y de la localización de zonas de extracciones de áridos y de tratamiento de residuos. Todo ello tiene una especial trascendencia económica, ya que el turismo genera más de dos mil millones de euros a la economía de Canarias y puede motivar, a corto plazo, el retraimiento de la población turística con mayores exigencias ambientales y mayor poder adquisitivo, disminuyendo el gasto y la rentabilidad de la actividad turística.

Debido a la trascendencia de la situación resulta imprescindible realizar un diagnóstico que no se limite a repetir lugares comunes y que se traduzca en una política falta de ánimo crítico que lleve a pensar que todo está inventado y que basta con repetir lo que se hace en otros lugares y traspasar a la normativa autonómica la legislación estatal y de la UE sin una investigación, análisis y diagnóstico riguroso de los factores que afectan a los diferentes tipos de problemas como la confrontación de intereses, la densidad de población, el modelo de desarrollo, los esquemas culturales, las dificultades de comunicación inter-

disciplinar e intercultural, enfrentando grupos de población con posturas irreductibles, dificultando el compartimiento de objetivos y creando problemas de planificación y coordinación, cuya gestión requiere diferenciar los efectos debidos al modelo de desarrollo, a las condiciones del medio y a los modelos culturales que condicionan la forma de ver la realidad.

En relación con los factores significativos, el principal factor en la preferencia de Canarias por los turistas es el clima, en tanto que la influencia del paisaje es menor, aunque condiciona el nivel cultural y el gasto de los clientes. Además, es necesario asumir una visión comprensiva de la realidad que integre factores específicos a diferentes escalas (local, regional y global) sobre la degradación del medio, la contaminación y el cambio climático. A este respecto, resulta especialmente significativa la eficiencia energética, una cuestión a la que se ha prestado escasa atención, posiblemente porque la gestión se ha orientado a optimizar los efectos primarios más que los secundarios aunque sean trascendentes, prestando más atención al suministro de recursos que al ahorro.

Problemática territorial

La problemática general presenta diversas manifestaciones en función de los condicionantes naturales, demográficos y económicos.

En las *zonas altas*, donde se localizan la mayoría de las áreas naturales, los problemas son relativamente simples y se refieren a la gestión de su comunicación, asumiendo una visión naturalista que lleva a aplicar criterios esencialistas basados en la creencia de que las especies son fijas, exclusivas de cada área y que permiten un equilibrio único y que, para su conservación, basta con delimitar áreas de protección y aplicar una normativa basada en criterios naturalistas simples, sin tener en cuenta los flujos de materia y de energía.

En las *zonas de medianías* la situación es diferente, pues se evidencia el abandono de los cultivos extensivos, de la ganadería y de los tratamientos silvopastorales, que han contribuido al cambio del paisaje y al aumento del peligro de incendios. En las *zonas de medianías* la agricultura de consumo ha sido abando-

nada debido a la competencia de otras actividades por la mano de obra y el agua, así como por la política fiscal del REA que ha llevado a la práctica desaparición de la actividad y la cultura agrarias y ha generado efectos secundarios negativos, derivados de la desaparición de la actividad extractiva en los bosques de materiales utilizados para la agricultura y la ganadería y que tradicionalmente han contribuido al tratamiento de los bosques y han evitado la propagación de incendios.

En las *zonas costeras*, donde se localizan las zonas urbanas, las actividades turísticas y las explotaciones agrarias intensivas (cultivos con plástico), se manifiesta un intenso proceso de degradación del paisaje que incide sobre el consumo de agua y la contaminación química, a los que se une el desarrollo urbano, favorecido por los ayuntamientos, que encuentran en la concesión de licencias de urbanización y construcción una forma de financiación y de creación de puestos de trabajo, sin tener en cuenta si la actividad es insostenible y sin valorar los efectos económicos ambientales y sociales negativos que se producen a medio plazo. Ante ello, la alternativa sería moderar el desarrollo urbano y turístico, particularmente las actuaciones con fuerte impacto negativo sobre la calidad del paisaje y en los turistas, para lo que es preciso incorporar una visión más comprensiva que posibilite una gestión también más comprensiva.

Confrontación social y descoordinación administrativa

Además de la problemática territorial, resulta significativa la problemática social relacionada con los intereses y las aspiraciones de diferentes grupos sociales, las posibilidades de comunicación interdisciplinar, intercultural y de coordinación, que han seguido teniendo importantes repercusiones ambientales y económicas al propiciar la disponibilidad de objetivos y la confrontación entre grupos ecologistas y desarrollistas, contribuyendo a la pérdida de diversos proyectos.

Como elemento significativo hay que resaltar que los grupos ecologistas han aumentado su presencia y capacidad de análisis, fruto de incorporaciones profesionales que, además de participar en manifestaciones, ofrecen información rigurosa, demuestran capacidad para llevar ante los juzgados la legalidad

ambiental y motivan a la población, lo que ha llevado a que en Europa aumente la importancia de los partidos con esta orientación, situación que puede producirse también en otras áreas para que se racionalice la explotación del medio, aumente la complejidad de la gestión y se asuma la necesidad de incorporar visiones más comprensivas sobre la realidad que las convencionales (naturalista, científica reduccionista, ambientalista).

La situación referida puede ilustrarse en base a lo sucedido en la última década con el Puerto de Granadilla, donde las diferencias de objetivos y de intereses han dado lugar al enfrentamiento irreductible entre grupos desarrollistas y conservacionistas, motivando la paralización de proyectos con importantes repercusiones económicas, de modo que parece evidente la conveniencia de incorporar una visión adaptativa más comprensiva que facilite la convergencia de objetivos y la comunicación adecuada a la complejidad de los problemas, a la confrontación social y a la descoordinación.

DIAGNÓSTICO DE GESTIÓN

Criterios de actuación en función de la complejidad de los problemas

Se necesita prestar mayor atención a la inversión en I+d+i en temas clave como la eficiencia energética en la edificación y la actividad turística, por su incidencia en la sostenibilidad de la actividad, la calidad ambiental y el paisaje, para lo que se necesita partir de un diagnóstico global de la dinámica que interviene en el territorio.

En el caso de situaciones simples, bastan los criterios poco comprensivos basados en la cultura general o bien en una *visión naturalista* para la gestión de especies y espacios protegidos con baja densidad de población. Sin embargo, en las zonas más densamente pobladas y muy alteradas, localizadas en áreas turísticas (máxime si se tiene en cuenta la problemática sobre el cambio climático), los problemas son más complejos y hay que incorporar una visión más comprensiva que mejore la gestión o bien minorar la complejidad de la situación reduciendo la densidad de problemas y mejorando la gestión de las infraestructu-

ras, particularmente en la zona baja donde se localizan los problemas más complejos.

Además, habría que potenciar las posibilidades que ofrece la *visión sistémica adaptativa* para propiciar la gestión de los problemas complejos, mejorando la comunicación interdisciplinar e intercultural, así como la coordinación administrativa.

En relación con la coordinación y la comunicación, la *visión sistémica* permite mejorar el grado de convergencia de la población, la comunicación interdisciplinar e intercultural y la coordinación de la administración, para lo que se precisa tener en cuenta no sólo la complejidad de los problemas, sino también las interacciones entre *nichos eco-culturales adaptativos* en función de la localización, las actividades y los grupos de población.

Se necesita hacer un diagnóstico de diferentes áreas del territorio en función de la complejidad de los problemas, diferenciando al respecto entre las *zonas altas*, en las que predomina una gestión naturalista; las *zonas medias*, que han experimentado un intenso proceso de abandono, y las *zonas bajas*, en las que se acumulan la mayor parte de los impactos ambientales.

Herramientas operativas disponibles

Para que la actuación sea operativa es indispensable contar con herramientas adecuadas, como las siguientes:

- "Atlas Ecoclimáticos de Canarias". Suministran una información climática de carácter básico, general, aplicada y cartográfica sobre papel susceptible de diversas aplicaciones prácticas.
- "Sistema Informático Integral". Permiten una comunicación y un análisis especial más fácil, facilitando el uso de los datos para diferentes aplicaciones.
- "Manuales de Ecodiseño". Establecen los criterios a seguir para utilizar la información ecoclimática en diferentes problemas y a los que es necesario aplicar en la gestión adaptativa de actividades económicas concretas relacionadas con el *sector primario* (agricultura, agricultura ecológica, ganadería, etc.), el *sector secundario* (edificación, industria, edificación bioclimática, el urbanismo sostenible etc.) y el *terciario* (turismo, ocio de

naturaleza) desde diferentes perspectivas (planificación, diseño y gestión).

- Programas de Empleo Verde. Están orientados a la formación y a la promoción de puestos de trabajo que contribuyan a una economía del conocimiento ambiental.
- Programas de I+d+i ambiental. Garantizan la adecuación de la información a las especiales condiciones de Canarias y la complejidad de las situaciones. A este respecto, hay que resaltar que lo mismo que la primera revolución industrial se basa en la máquina de vapor, la segunda en los coches y los aviones, y la tercera en la comunicación y la informática, la nueva fuente de innovación se focalizará en la gestión ambiental de problemas complejos y estará ligado a la economía del conocimiento.

2. CLIMA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA EDIFICACIÓN EN CANARIAS

J. P. de Nicolás Sevillano, J.J. Fernández Rodríguez, A. M.^a Sánchez Quintana

RESUMEN

Una vez expuesto en el capítulo primero cómo describir, evaluar y diagnosticar la gestión ambiental de un área, se debe aplicar ahora el referido método a la eficiencia energética de la edificación en función de las condiciones del clima de Canarias, para lo cual es preciso adecuar el concepto de clima a la complejidad de cada problema, lo que requiere diferenciar entre el clima como realidad física, el clima como realidad cultural y el clima como construcción formal adaptativa. Esta última, la construcción formal, que se toma como referencia para el diseño y la gestión, debe adecuar su comprensión al grado de complejidad de los problemas, complejidad que depende de la densidad de población, del grado de desarrollo, del estilo de vida, del consumo energético, de la eficiencia energética y del contexto cultural de referencia. Consecuentemente, la comprensión de la visión debe integrar todos los factores significativos para la resolución de los problemas.

En el caso de edificaciones simples en zonas con baja densidad, basta aplicar una visión sobre el clima basada en la cultura popular; en situaciones más complejas, se necesita incorporar una visión más comprensiva sobre el clima y sobre la arquitectura, como la basada en la visión naturalista de Vitruvio; al aumentar la complejidad, es preciso ampliar la comprensión sobre el clima y la construcción, aplicando diferentes avances técnicos basados en la ciencia analítica para garantizar la climatización. La situación se hace más compleja si se consideran los

problemas ambientales, lo que exige asumir una visión más sostenible sobre el clima y sobre la arquitectura bioclimática que resulta más comprensiva. Pero si, además, se incluyen consideraciones más complejas relacionadas con el cambio climático, hay que tomar como referencia una visión más comprensiva y sostenible sobre el clima.

VISIÓN, OBJETIVA Y SUBJETIVA, ADAPTATIVA SOBRE EL CLIMA

El clima como realidad física y cultural. Perspectiva histórica

El término clima se puede utilizar para referirnos a una "realidad física" objetiva, independiente de la percepción humana, o a una "realidad cultural" subjetiva, ligada a esta percepción. La visión objetiva del clima se suele estructurar en función de un conjunto de elementos climáticos perceptibles (temperatura, precipitación, etc.) y de factores interpretativos no siempre perceptibles (astronómicos, geográficos, físico-químicos, bióticos, económicos, demográficos y culturales) que se consideran objetivos, en tanto que la visión subjetiva se representa en función de una serie de parámetros adaptativos relacionados con la subsistencia y la calidad de vida humana (evapotranspiración, bienestar térmico, etc.), que para ser adaptativas deben ser comprensivas, operativas, rentables, competitivas y comunicables.

La complejidad de un problema o proyecto depende de los factores significativos y de sus interacciones, mientras que la comprensión de una visión depende de los factores que puedan

considerarse. En general, la comprensión debe adecuarse a la complejidad de los problemas, la cual varía con el aumento de la población, de modo que, al aumentar ésta, hay que asumir una visión más comprensiva sobre el clima para garantizar la subsistencia y la calidad de vida. Cuando la densidad de población era baja y los factores ambientales cambiaban de una forma gradual, se garantizaba su subsistencia mediante la evolución biológica, que suministraba adaptaciones (pelo, glándulas sudoríparas, variación del flujo sanguíneo, la producción de calor gracias a la actividad muscular) y aseguraban la adaptación de la población a las condiciones del medio. Pero al aumentar la población y el nivel de vida, fue necesario intensificar la explotación del medio alterando una serie de mecanismos que regulaban naturalmente factores clave para la subsistencia y dando lugar a que aumentara la complejidad de la gestión heredada para garantizar la subsistencia y la calidad de vida, lo que ha sido posible con el aumento de la velocidad de cambio del medio y gracias a la información que proporcionan los sensores remotos y los ordenadores. Sin embargo, a partir de cierto nivel de complejidad, se produce un rendimiento decreciente de la información y no basta incorporar más variables, sino que hay que adoptar una visión más comprensiva del clima y de la construcción.

Las relaciones entre aumento de la población, complejidad de la gestión e incorporación de visiones más comprensivas del clima y la edificación se han producido en diferentes momentos de la historia (figura 2.1), diferenciándose una serie de cambios

especialmente significativos ligados a la diferencia de nichos eco-climáticos adaptativos caracterizados por una adecuada asociación entre la complejidad de los problemas y la comprensión de la visión sobre el clima y la construcción (figura 2.2).

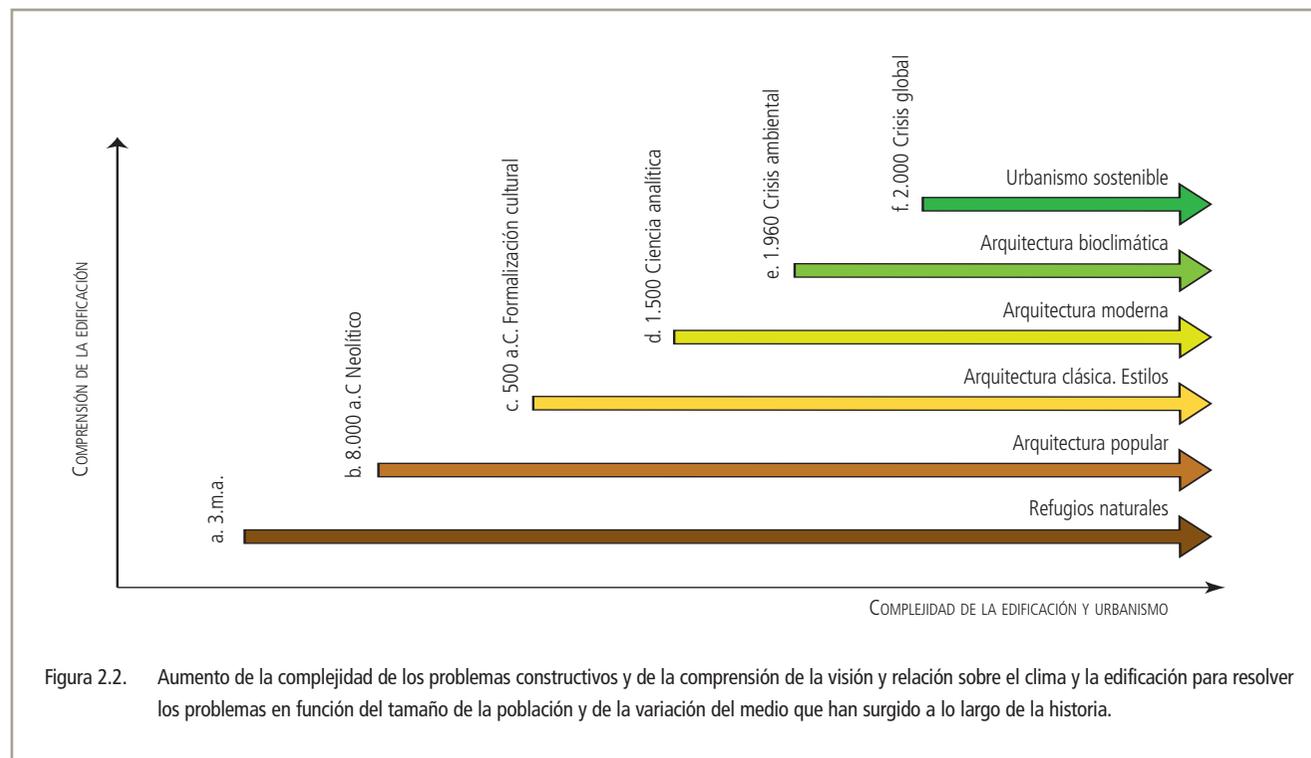
Durante el Paleolítico, cuando la densidad de la población humana era baja, las adaptaciones biológicas bastaban para garantizar la subsistencia (figura 2.1, a), pero al aumentar la temperatura al final de la última glaciación y producirse la revolución del Neolítico surgen edificaciones basadas en el sentido común que alimentan la arquitectura popular (figura 2.1, b) y favorecen el aumento de la población. Más tarde aumentan las exigencias de la población, planteándose problemas relacionados con el confort climático, adquiriendo valor adaptativo en la visión cultural naturalista sobre la relación entre clima y edificación de Vitruvio (figura 2.1, c) que permitió mejorar el bienestar térmico y que siguiera aumentando la población.

Posteriormente, el desarrollo de la cultura científica posibilitó la mejora del comercio y el crecimiento de la población, desarrollándose una tecnología que facilitó el acondicionamiento climático, relacionado con el desarrollo de la arquitectura moderna (figura 2.1, d). Sin embargo, durante la segunda mitad del siglo XX se acumularon problemas ambientales cuya gestión requirió asumir una visión ambientalista que sirve de soporte a la arquitectura bioclimática (figura 2.1, e). Con todo, y posiblemente debido a que el enfoque de la arquitectura bioclimática es poco comprensivo, su impacto ha sido reducido, lo que aconseja asumir un enfoque más comprensivo, básico para una arquitectura y un urbanismo sostenibles (figura 2.1, f).

NECESIDAD DE ADECUAR LA VISIÓN DEL CLIMA A LA COMPLEJIDAD DE CADA SITUACIÓN

Relación entre complejidad y comprensión

A lo largo de la historia se han planteado diferentes problemas constructivos relacionados con el confort térmico y la eficiencia energética, cada vez más complejos, y para cuya gestión ha sido necesario asumir una visión más comprensiva del clima (figura 2.1) y de la edificación.



Con una densidad baja de población los problemas constructivos son simples y para su resolución basta una visión también simple del clima y la aplicación de los conceptos de construcción propios de la cultura popular, que resulta adaptativa (figura 2.2). Sin embargo, en el caso de situaciones más complejas y mayor densidad de población, es preciso incorporar criterios adaptativos más comprensivos, como los que ofrece la visión naturalista de Vitruvio. Aún así, al seguir aumentando la población y la complejidad de la edificación, se necesitó una visión más comprensiva del clima (climatología analítica) y de la climatización, en la que se basó la arquitectura moderna, como causante de problemas ambientales cuya gestión exige incorporar una visión más comprensiva: la visión ambientalista del clima y la arquitectura bioclimática.

En la actualidad conviven en la Tierra casi 7.000 millones de habitantes, produciéndose situaciones muy variadas que

incluyen problemas simples, problemas de complejidad media y problemas muy complejos, cuya gestión requiere adoptar soluciones que deben adecuarse al nivel de complejidad ligado a la degradación del medio y a diferentes adaptaciones biológicas, culturales generales y culturales formales (naturalista, científica unidisciplinar, ambientalista y sistémica). Estas situaciones se relacionan con el cambio climático global, para cuya resolución se requiere adoptar una visión más comprensiva del clima y de carácter sistémico, que tenga en cuenta la dinámica de la Biosfera a varias escalas (macro, meso y micro) y no se limite a considerar los aspectos físicos, químicos, biológicos y ecológicos, sino también los aspectos culturales, económicos, sociales y políticos a varias escalas básicas, para que la edificación y el urbanismo sean sostenibles, de modo que, según la complejidad de los problemas, se asuma una visión adaptativa (figura 2.2).

Resulta así que para la gestión en un territorio en el que convergen problemas con diferente grado de complejidad, se requiere seleccionar visiones con diferente nivel de comprensión, en función de la complejidad de cada problema y de la complejidad de la situación, siendo posible diferenciar áreas asociadas a un determinado nicho eco-climático y caracterizadas por una adecuada correspondencia entre la complejidad de los problemas y la comprensión de la visión del clima y la arquitectura (figura 2.2), lo que es clave a la hora de seleccionar el contexto cultural a tener en cuenta en la definición, en el diseño de un proyecto, en la gestión de un problema o en el marco de comunicación y coordinación, de forma que permitan reducir las interferencias entre áreas, funciones y grupos de población y facilitar la coordinación.

Selección del contexto de referencia en el diseño

Previamente al diseño de un proyecto o a la gestión de un problema hay que seleccionar el esquema interpretativo de la realidad (el confort térmico), de modo que la comprensión del clima y de la arquitectura se adecúen a la complejidad del proyecto a diseñar o del problema a gestionar (figura 2.3).

En situaciones simples (edificaciones aisladas y baja densidad de población), basta aplicar el sentido común; en situaciones más complejas, se requiere incorporar ciertos criterios de diseño climático como los formulados por Vitruvio; en las zonas urbanas con alto nivel de desarrollo, la situación es aún más compleja y es necesario asumir visiones más comprensivas que incluyan la climatización técnica. Pero cuando el acondicionamiento técnico genera problemas ambientales, es preciso asumir una visión más comprensiva del clima y la arquitectura de carácter bioclimático. Y si debido al aumento de la población, al nivel de vida y al cambio climático crece la complejidad de los problemas y de la situación, entonces hay que asumir una visión más comprensiva de carácter sistémico, de modo que, antes del inicio de un proyecto, hay que evaluar la complejidad de la situación relativa a la eficiencia energética de la edificación, para relacionarla con el aprovechamiento de las condiciones del clima y poder seleccionar el contexto interpretativo de referen-

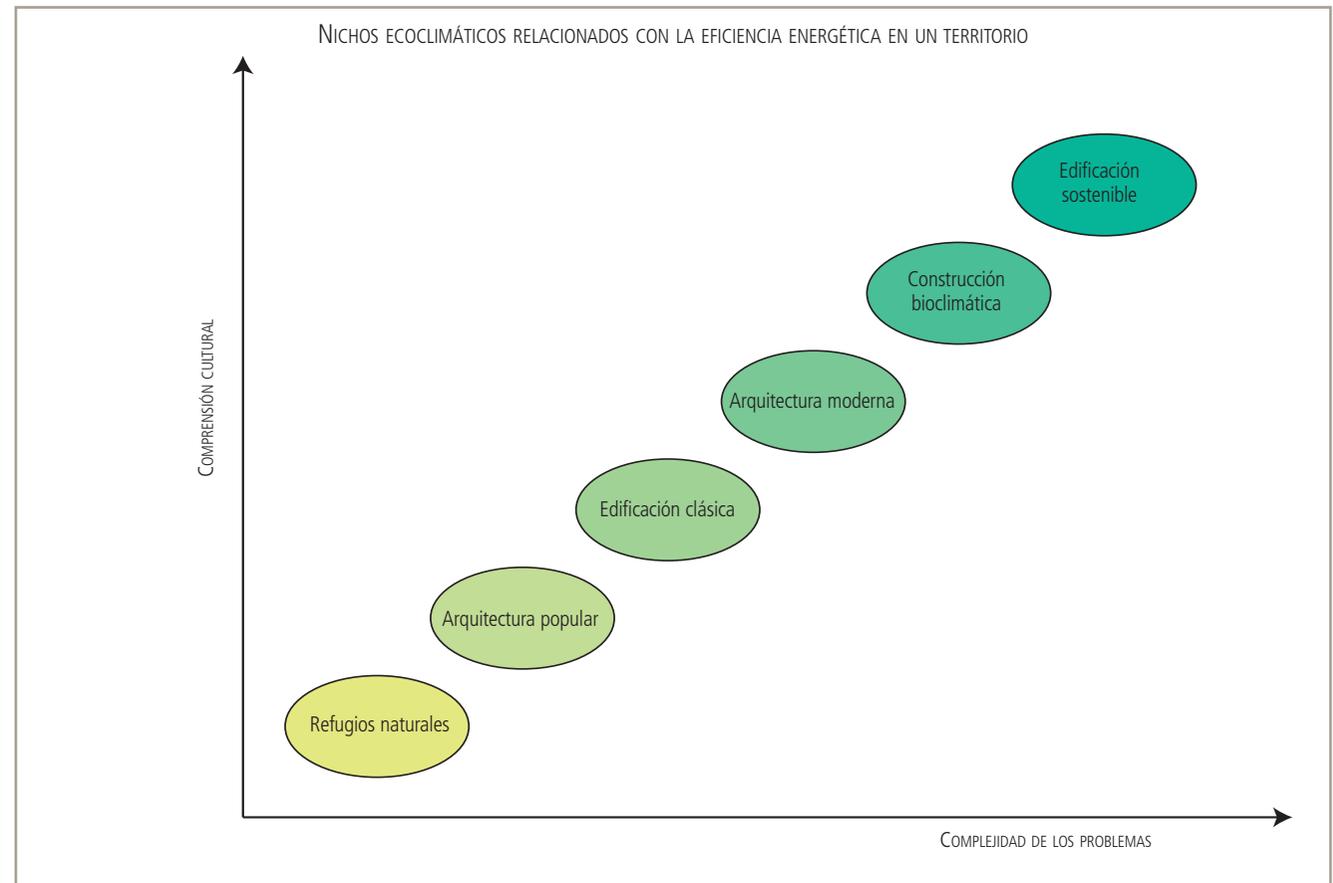


Figura 2.2. Diversidad de situaciones que se requiere considerar (Nichos adaptativos culturales) en relación con la eficiencia energética en la edificación en función de la complejidad de situaciones que concurren de la densidad de la población, de la variación del medio y de la formación cultural. Cada nicho corresponde a una situación caracterizada por determinadas condiciones ecoclimáticas, densidad de población, desarrollo económico y esquemas culturales y tecnológicos en relación con la visión sobre el clima y la edificación.

cia, para que lo asuman el proyectista o el gestor, en función de la complejidad de los problemas y con el fin de que resulte adaptativo (figura 2.3).

Evaluación y diagnóstico de la política energética en un área en relación con el aprovechamiento del clima para mejorar la eficiencia energética

Una situación diferente consiste en describir y diagnosticar la gestión de la eficiencia energética de la edificación en un

territorio en función de las condiciones del clima, para elaborar un diagnóstico que garantice la eficiencia energética global en función de las condiciones específicas de los proyectos.

Para describir esta situación se representan los nichos ecoculturales y las soluciones constructivas aplicadas en función del nivel de complejidad de los problemas (figura 2.4), con el fin de que, a partir de este gráfico, se pueda evaluar el grado de eficiencia energética con la distancia media de cada solución al correspondiente nicho adaptativo y, así, elaborar un diagnóstico

acerca de las medidas a adoptar para mejorar el grado de adaptación, aumentando la comprensión de la visión o disminuyendo la complejidad de los problemas.

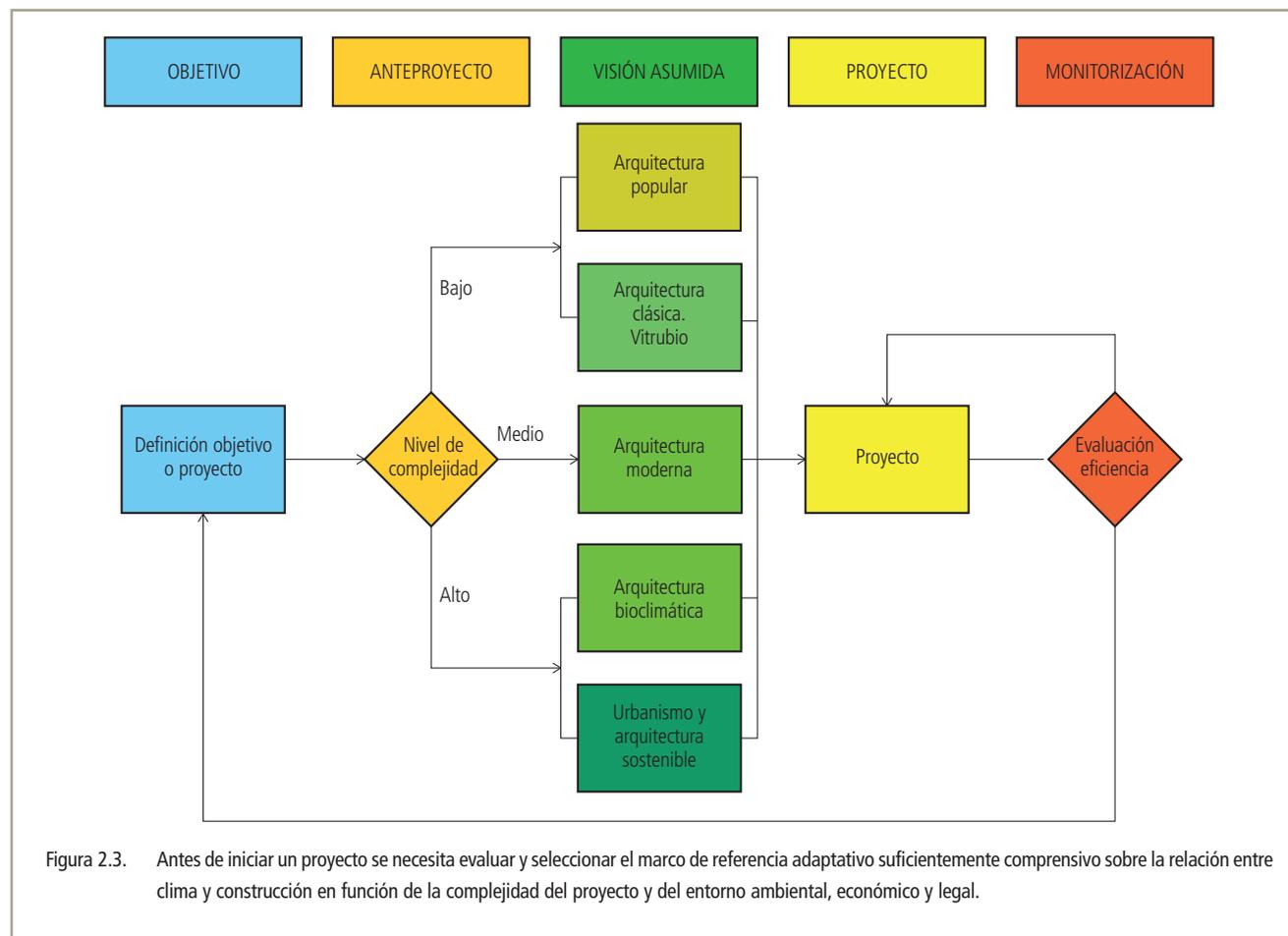
DIFERENTES VISIONES SOBRE EL CLIMA Y LA EDIFICACIÓN

Cultura general sobre el clima. Arquitectura popular

La cultura general sobre el clima está integrada por un conjunto de creencias y una acumulación de experiencias sobre la variación del clima y sus efectos sobre diferentes actividades como la edificación, adquiridas por prueba y error y que han persistido gracias a su capacidad adaptativa para resolver problemas poco complejos, lo que posibilitó el aumento de la población y la transmisión de la información a otros grupos de población.

En función de la magnitud de esta información se puede diferenciar una *cultura constructiva popular* y una *cultura constructiva erudita*. La cultura constructiva popular se ha transmitido directamente entre grupos de población (recolectores, cazadores, agricultores, ganaderos, artesanos), persistiendo gracias a que resuelven problemas en condiciones de baja densidad de población. Sin embargo, a partir de cierto tamaño de población se establecen sistemas jerarquizados que, para almacenar, recuperar y difundir la información, evolucionan hacia una cultura constructiva erudita transmitida dentro de una clase (sacerdotes, sabios, maestros) en el marco de un sistema social jerarquizado que posibilita mejorar las condiciones de subsistencia, en tanto en cuanto la complejidad de la situación no supere ciertos límites.

Cuando se acentúa la jerarquización, se produce un rendimiento decreciente de la información, acumulándose problemas complejos que desembocan en una crisis que dificulta la subsistencia de la población, pero que, por otro lado, representa una oportunidad para incorporar una visión más comprensiva del clima, que no se limite a acumular datos y criterios, sino que se estructure con la información en torno a un esquema formal que facilite el almacenamiento, la recuperación de la información y su aplicación a la gestión ambiental.

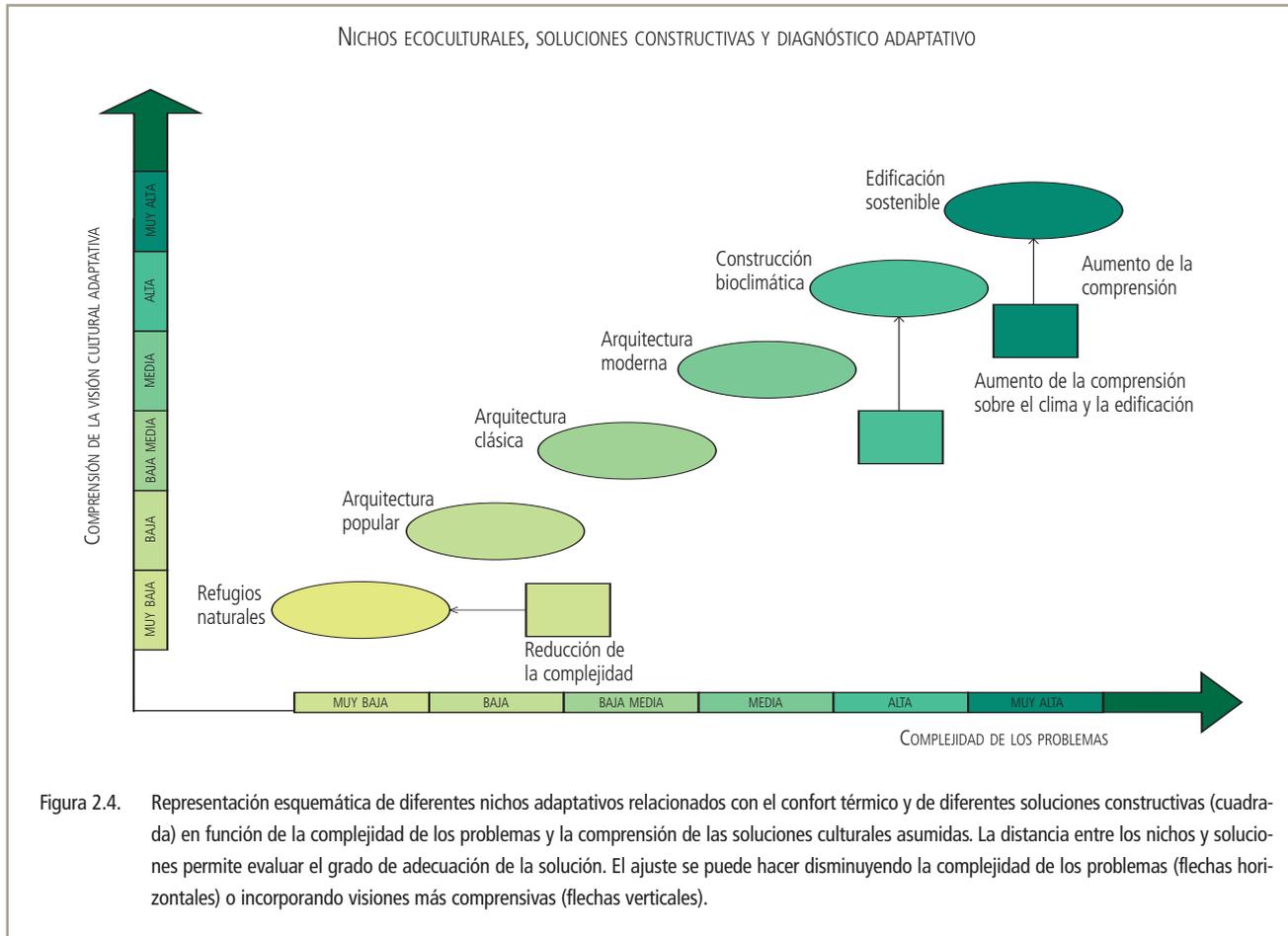


Visión naturalista. Vitruvio

En torno al siglo V a.C. la visión naturalista de los filósofos griegos sirvió de base para el desarrollo de una visión formalizada sobre el clima que resultaba más comprensiva que la visión erudita de los sabios y sacerdotes de la Antigüedad, debido a que la información se estructuraba en función de principios que permitían gestionar con más eficiencia diferentes problemas, aplicando criterios lógicos a diferentes campos. La información climática naturalista fue utilizada por Herodoto para interpretar la organización de los pueblos; Columela aplicó la información climática a la agricultura; Galeno, al tratamiento de enfermeda-

des; y Vitruvio, a la localización y al diseño de los edificios durante la Antigüedad romana que llegó hasta el Renacimiento, tal y como sucedió en la localización del Monasterio de El Escorial.

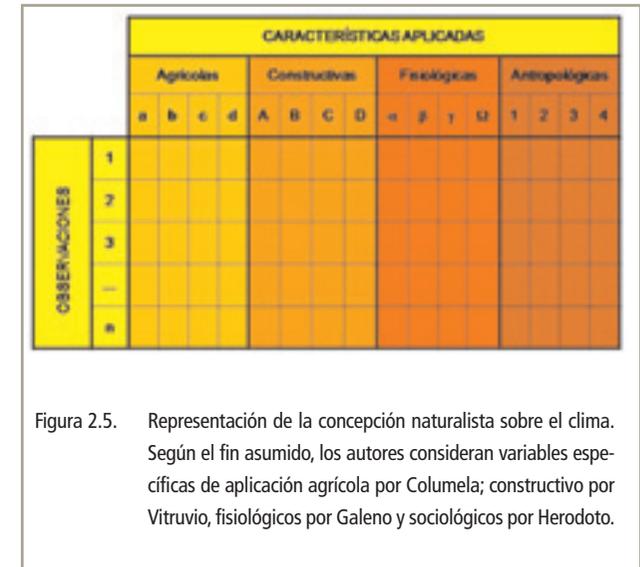
La visión naturalista sobre el clima representa una visión estática que se estructura en torno a aspectos climáticos relacionados con la resolución de problemas agrícolas, constructivos fisiológicos y antropológicos (figura 2.5). Las ventajas adaptativas que aportó contribuyeron al aumento de la población, pero el rendimiento decreciente de la información ocasionó que adquiriera valor adaptativo una visión más dinámica representada por la visión científico analítica del clima.



Visión científico analítica sobre el clima. Climatización técnica

El desarrollo de la ciencia analítica durante el Renacimiento posibilitó el descubrimiento de las leyes que relacionan el volumen, la presión y la temperatura del aire en el laboratorio, así como su variación con la altitud en la Naturaleza, sentándose de esta manera las bases de la visión analítica sobre el clima. A esta información se añadiría durante el siglo XVIII otra información empírica sobre la variación geográfica de los elementos del clima (temperatura, precipitación, etc.), con la existencia de una serie de estaciones meteorológicas que permitían el conocimiento de la variación geográfica del clima y su influencia en la distribución de los organismos, de los cul-

tivos y de otras actividades humanas. La representación cartográfica de la variación del clima y su influencia sobre diferentes realidades naturales, sociales, económicas y psicológicas, confirió al clima un fuerte protagonismo en diferentes disciplinas naturales y sociales. Sin embargo, a finales del siglo XIX, se suscitó un movimiento en el campo de la sociología y antropología culturalista que se opuso a reconocer el determinismo del clima sobre el comportamiento humano y a defender la libertad humana, lo que motivó que la climatología se estructurara como una ciencia analítica sobre la variación espacial y temporal de los diferentes elementos climáticos (temperatura, precipitación, etc.), sobre los principales factores significa-



tivos (geográficos, astronómicos, meteorológicos) y sobre algunas actividades (agrícola, forestal, distribución de los organismos). Esta información se complementaría durante todo el siglo XIX con la información sobre las leyes físicas de la dinámica atmosférica, que contribuyó a mejorar la interpretación de la variación del clima y, ya en el siglo XX, a que se iniciara la predicción meteorológica con motivo de las dos Guerras Mundiales y el desarrollo de la aviación.

La nueva visión sobre el clima asume la visión reduccionista característica de las ciencias analíticas, asumiendo que la Tierra se divide en una serie de capas (figura 2.6), entre las que se encuentra la atmósfera, centrándose la climatología y la meteorología en el análisis de esta capa.

Los datos de la climatología analítica se estructuran en elementos climáticos (variables generales), factores meteorológicos (variables básicas) y parámetros aplicados (variables aplicadas) (figura 2.7), que se consideran unidireccionalmente en el sentido de que los factores climáticos condicionan los elementos climáticos que, a su vez, condicionan diferentes aspectos relacionados con actividades agrarias y con el confort térmico de la población, que han sido objeto de un importante desarrollo tecnológico en el campo del acondicionamiento ambiental,

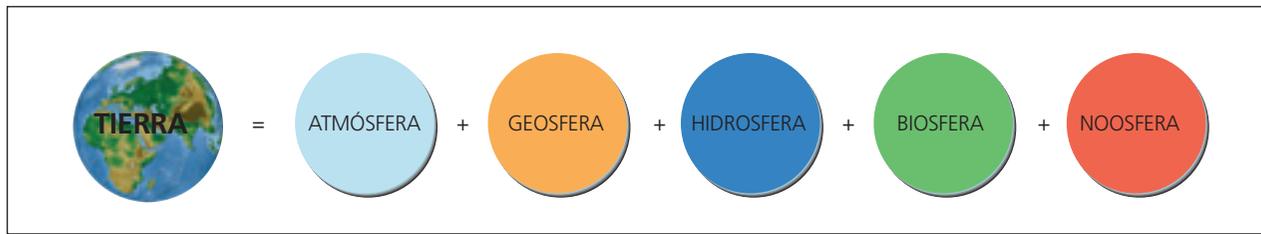


Figura 2.6. Perspectiva reduccionista de la ciencia analítica sobre la Tierra. Según ésta la Tierra es resultado de la suma de una serie de capas disjuntas: atmósfera, hidrosfera, geosfera y noosfera encargándose la climatología y la meteorología de estudiar la atmósfera.

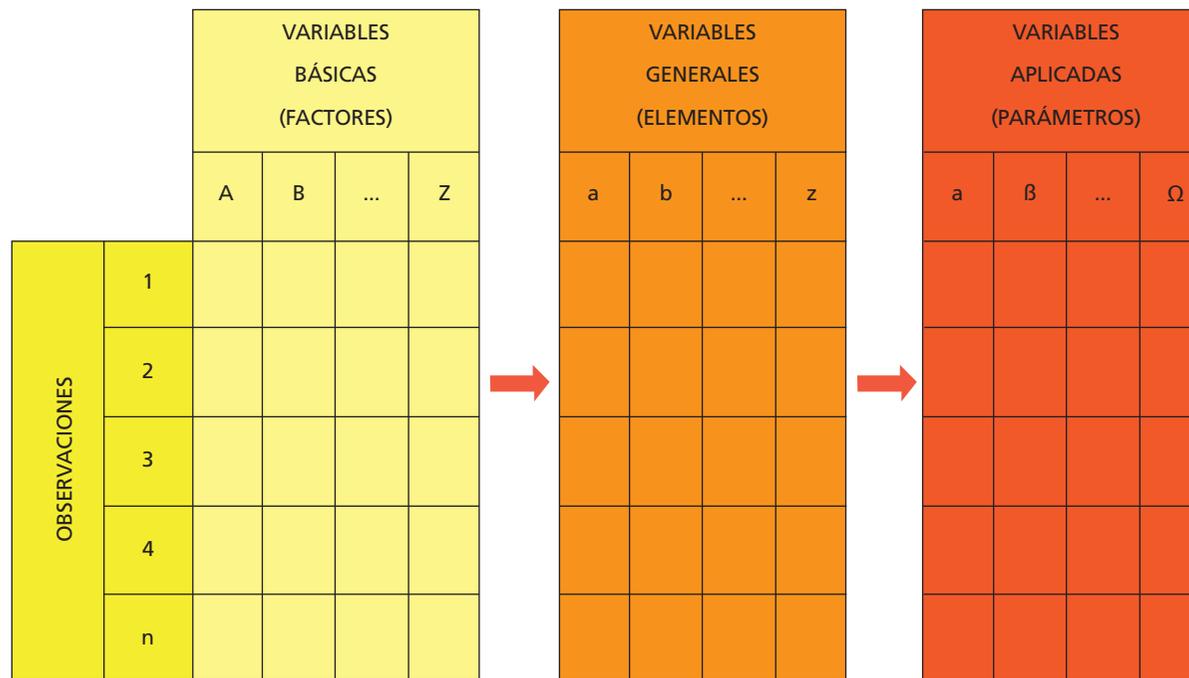


Figura 2.7. Descripción esquemática de la estructura de la información asociada a la visión científica unidisciplinar del clima. Se diferencian elementos climáticos, factores meteorológicos, y parámetros aplicados a diferentes fines (agrícolas, forestales, etc.). En general, se considera que entre las diferentes variables existe una relación causal unidireccional.

con especial repercusión en el campo de las ciencias, y han posibilitado el aumento de la población y de acumulación de problemas complejos, adquiriendo un valor adaptativo una visión más comprensiva del clima: la visión ambientalista.

Visión ambientalista sobre el clima. Edificación bioclimática

Mientras la densidad de la población era baja y las condiciones climáticas permanecían estacionarias, los problemas relacionados con el clima resultaban relativamente simples y podían gestionarse aplicando criterios derivados de la arquitectura popular, de la visión naturalista y de los principios de la ciencia analítica. Pero al tomarse conciencia del agotamiento de los combustibles fósiles y de sus efectos ambientales negativos, se ha visto la necesidad de optimizar la eficiencia energética del diseño de la edificación, lo que precisó una visión más comprensiva del clima.

La acumulación durante la segunda mitad del siglo XX de problemas ambientales más complejos (internacionales, regionales y globales) llevó a reconocer la necesidad de asumir una visión más comprensiva sobre el clima, representada por la visión ambientalista, que se caracteriza por considerar múltiples variables (visión multidimensional), aportadas por diversas disciplinas gracias a las posibilidades que ofrecen los sistemas de prospección remota (satélites), su almacenamiento en bases de datos con soporte informático, su análisis mediante técnicas multivariantes (componentes principales, análisis de cluster) y su representación cartográfica mediante sistemas de información geográfica (SIG).

Los datos de la visión ambientalista se clasifican en *variables básicas*, *variables generales* y *variables aplicadas* (figura 2.8), pudiendo simplificarse la información para diferentes fines mediante análisis multivariantes. Sin embargo, este enfoque sólo es aplicable a las situaciones más simples, en las que las relaciones son lineales, mientras que para valorar situaciones más complejas, como el confort climático, se requiere tener en cuenta relaciones más variadas como las que recogen los diagramas de Olgay y de Givoni en relación con el confort térmico, en función de una serie de parámetros estandarizados (temperaturas máxi-

		VARIABLES CLIMÁTICAS											
		BÁSICAS				GENERALES				APLICADAS			
		A	B	...	Z	a	b	...	z	a	β	...	Ω
OBSERVACIONES	1												
	2												
	...												
	n												

Figura 2.8. Esquema sobre la visión multidisciplinar del clima. Las variables se clasifican en: básicas, generales y aplicadas.

mas y mínimas, humedades máximas y mínimas, radiación y viento) y que han permitido el desarrollo de una arquitectura bioclimática que ha logrado resolver algunos problemas, si bien la mayoría de los proyectos responden a opciones voluntaristas o ideológicas y han tenido limitada proyección práctica.

La interpretación del escaso éxito de la arquitectura bioclimática es atribuible a varias causas. Puede deberse a que, hasta el momento, la construcción ha permitido obtener altos beneficios sin necesidad de incorporar criterios bioclimáticos en el diseño, a que se carece de los datos necesarios o a que no están claras las estrategias de diseño bioclimático. Sin embargo y posiblemente, la principal causa sean el desajuste entre la complejidad de los proyectos (localizados en las ciudades donde las interacciones entre clima y edificación son complejas) y la reducida comprensión de la arquitectura bioclimática. En cualquier caso, para mejorar la eficiencia energética en la edificación en función de las condiciones del clima se precisaría asumir una visión más comprensiva sobre el clima y su relación con la edificación que calificamos de visión sistémica.

Visión sistémica sobre el clima. Edificación y urbanismo sostenibles

Debido al aumento de la complejidad de los problemas constructivos como consecuencia de la dimensión de los proyectos, de la interacción con otros edificios y del cambio climático se necesita asumir una visión más comprensiva sobre el clima que tenga en cuenta las interacciones entre el clima y la edificación, lo que equivale a reconocer nichos eco-culturales caracterizados por asumir una visión sistémica sobre el clima y sobre la edificación, representada por la arquitectura sostenible, que permita mejorar la eficiencia energética.

En el caso de los proyectos bioclimáticos complejos, se requiere completar la información climática con una información más comprensiva sobre el clima, la visión sistémica, que considera la interacción entre clima, edificación y condiciones socioeconómicas, a diferentes escalas espaciales y temporales. Según ésta, el clima depende de la interacción entre múltiples parámetros climáticos perceptibles directamente (temperatura,

		SUBSISTEMA CLIMÁTICO												
		BÁSICO				GENERAL				APLICADO				
		A	B	...	Z	a	b	...	z	a	β	...	Ω	
OBSERVACIONES	ESCALA MACRO	1												
		2												
		...												
		n												
	ESCALA MESO	1												
		2												
		...												
		N												
	ESCALA MICRO	1												
		2												
		...												
		N												

Figura 2.9. Representación esquemática de la información correspondiente a la visión sistémica sobre el clima diferenciándose variables de diferentes tipos significativas a diferentes escalas.

precipitación, etc.) que configuran el fenoclima, y parámetros no perceptibles directamente, sino que requieren de aparatos específicos (actividad solar, movimiento de la Tierra, latitud, composición de la atmósfera, altitud y orientación) que configuran el crioclima. A esta información habría que añadir parámetros relacionados con fines específicos que vienen condicionados por la percepción y motivación de la población como la distribución de los organismos, la desaparición de ciertas especies, el crecimiento de la población humana, el cambio climático y la degradación de mecanismos naturales de regulación.

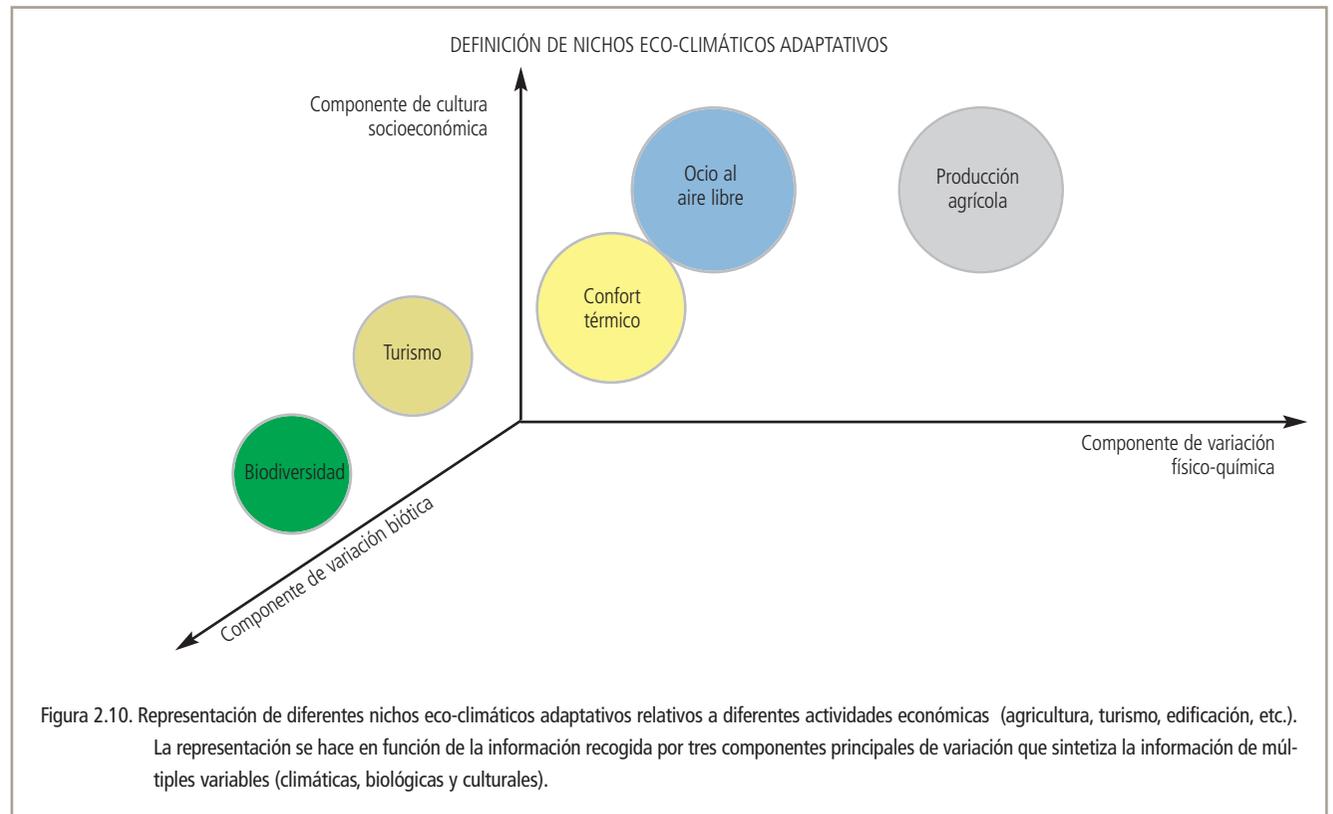
Los datos climáticos relativos a la visión sistémica del clima se estructuran en torno a variables básicas, generales y aplicadas que resultan significativas a diferentes escalas (macro, meso, micro) (figura 2.9) en las que se relacionan una serie de objetivos o nichos eco-climáticos con la subsistencia, el confort térmico, la conservación, la biodiversidad, la producción agrícola, el ocio al aire libre (figura 2.10) y para cuya gestión se precisa asumir una visión sistémica sobre el clima y un enfoque sostenible sobre la edificación. Este enfoque sostenible sobre la edificación representa una visión más comprensiva que la arquitectura bioclimática y se materializa en "nicho eco-climático cultural", que resulta adaptativo en el caso de proyectos complejos con determinado nivel de complejidad y de condiciones naturales, económicas y sociales.

CÓMO LOGRAR QUE LA VISIÓN SISTÉMICA SEA TAMBIÉN OPERATIVA

Estrategia de simplificación

La visión cultural resulta adaptativa cuando permite resolver problemas clave para la subsistencia fruto de incorporar los factores clave al respecto, lo cual supone tener en cuenta los factores necesarios. Se puede decir que una visión es comprensiva cuando tiene en cuenta todos los factores y relaciones significativas que suelen ser muchas en el caso de problemas complejos.

La visión sistémica representa una visión que trata de mejorar la comprensión sin limitarse a incorporar nuevas variables, sino considerando la interacción de múltiples parámetros (físi-



cos, químicos o biológicos y culturales) a diferentes escalas (micro, meso, macro), lo que permite abordar problemas muy complejos. Esto posibilita que resulte adaptativa en el caso de estos problemas, pero se requiere que sea operativa, rentable y competitiva.

Para garantizar la operatividad, se recurre a simplificar la visión sistémica, pero sin perder por ello su carácter sistémico, aplicando una estrategia cuyas fases se especifican en la figura 2.11. En primer lugar se estructura la información (Noosfera) en torno a la información del subsistema climático, se diferencian nichos ligados a objetivos específicos (confort térmico, eficiencia energética) y se seleccionan las variables significativas a diferentes escalas a lo largo de un proceso de monitorización de proyectos que posibilita ajustar la información.

Noosfera y el Subsistema ecoclimático estructural.

El concepto de Noosfera implica la idea de sistema en el cual interaccionan múltiples factores a diferentes escalas que necesitan diferenciar subsistemas (eco-climáticos, ecológicos, socioeconómicos y demográficos y culturales) no representantes de categorías disjuntas como las partes en que se divide la Tierra (figura 2.6), sino que cada uno incorpora aspectos físico-químicos, biológicos y culturales (figura 2.12). A partir de esta diferencia, la eco-climatología toma como núcleo estructurador de la información ecológica, complementada con información multidisciplinar natural y cultural, las características del clima para simplificar la información nueva que se articula posteriormente en torno a aplicaciones concretas en diferentes campos de la actividad, seleccionando al respecto los factores más sig-

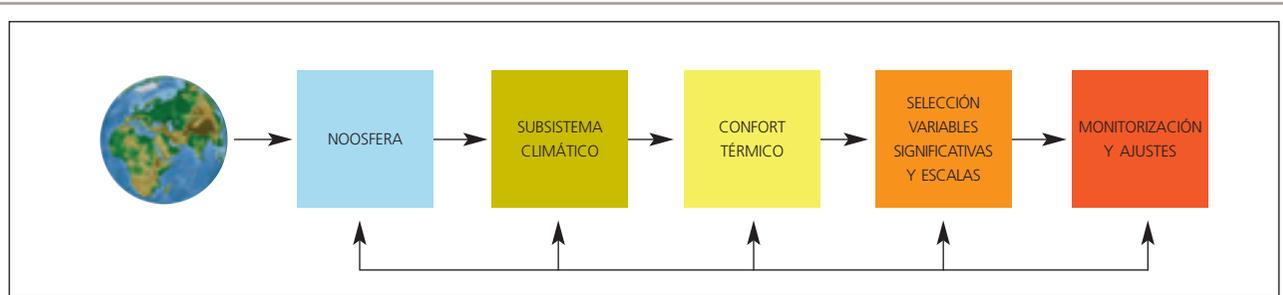


Figura 2.11. Proceso de simplificación de la información sistémica sobre el clima.

nificativos a diferentes escalas. El uso de la información climática como elemento estructural se debe a que es una información que permanece después de un huracán o de un fuego y a que es fácil de recoger, sistematizar y cartografiar.

La información climática estructurante se puede jerarquizar diferenciando elementos climáticos directamente perceptibles (información general), factores que condicionan a los elementos climáticos (información básica) y parámetros ligados a objetivos concretos (información aplicada) y se relacionan en doble sentido, si bien en cada situación cabe establecer cierta jerarquización entre información general, información aplicada e información básica (figura 2.13).

La *información ecoclimática básica* representa una información abstracta sobre procesos y factores meteorológicos, no accesibles a la percepción sensible (criptoclima) ni al sentido común, como los flujos de radiación solar y los balances de radiación y de calor que actúan a diferentes escalas (macro, meso y micro) y producen un desigual calentamiento de la superficie terrestre, con la consiguiente formación de centros de acción (anticiclones y borrascas) que actúan como motores de la atmósfera, determinando la distribución y variación temporal del tiempo que, al interactuar con la hidrosfera y el relieve, condicionan el clima.

La *información climática general* se refiere a elementos climáticos percibidos directamente o mediante instrumentos meteorológicos, como la temperatura, la precipitación, la hume-

dad, etc., que describen la variación sensible del clima (fenoclima) y su efecto sobre la distribución de los organismos, las actividades agrarias y sobre diversas características de los ecosistemas. Esta información se describe cartográficamente mediante los correspondientes "Atlas Ecoclimáticos" o mediante un soporte informático a través de un "Sistema Informático de Información".

La *información ecoclimática aplicada* se refiere a la información obtenida combinando diferentes elementos climáticos

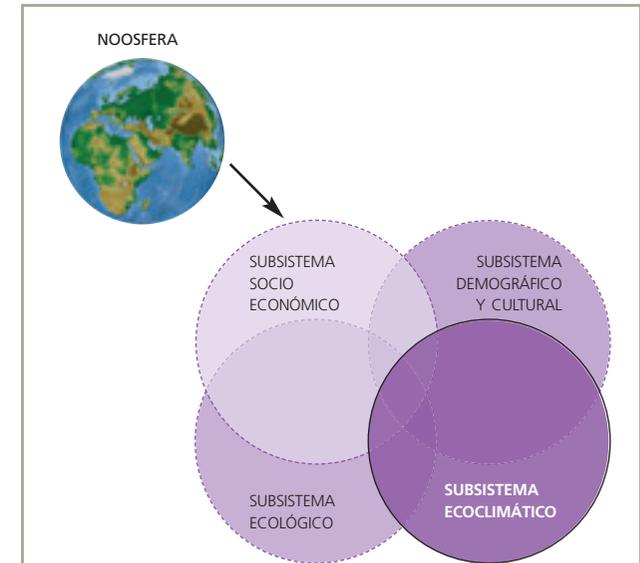
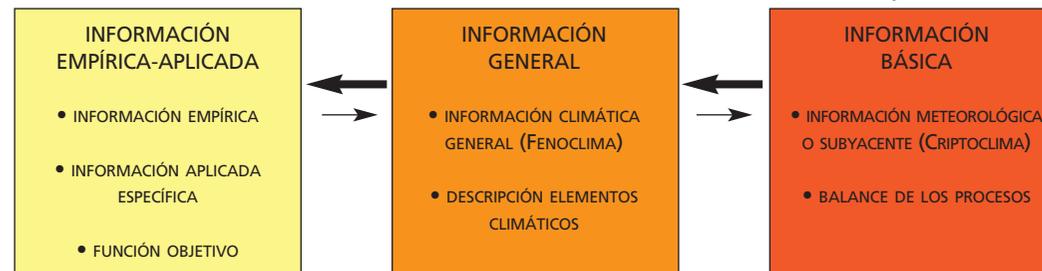


Figura 2.12. En la noosfera se pueden diferenciar una serie de subsistemas (ecológico, económico, climático) no disjuntos, sino estrechamente relacionados. El subsistema climático considera la información básica para la arquitectura bioclimática y sostenible.

CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN CLIMÁTICA SIGNIFICATIVA EN FUNCIÓN DE SU NIVEL DE GENERALIDAD

A. PROCESO DE ABSTRACCIÓN Y GENERALIZACIÓN



B. PROCESO DE CONCRECIÓN ADAPTATIVA

Figura 2.13. Clasificación de la información ecoclimática en función de su relación funcional: información aplicada, información general e información básica.

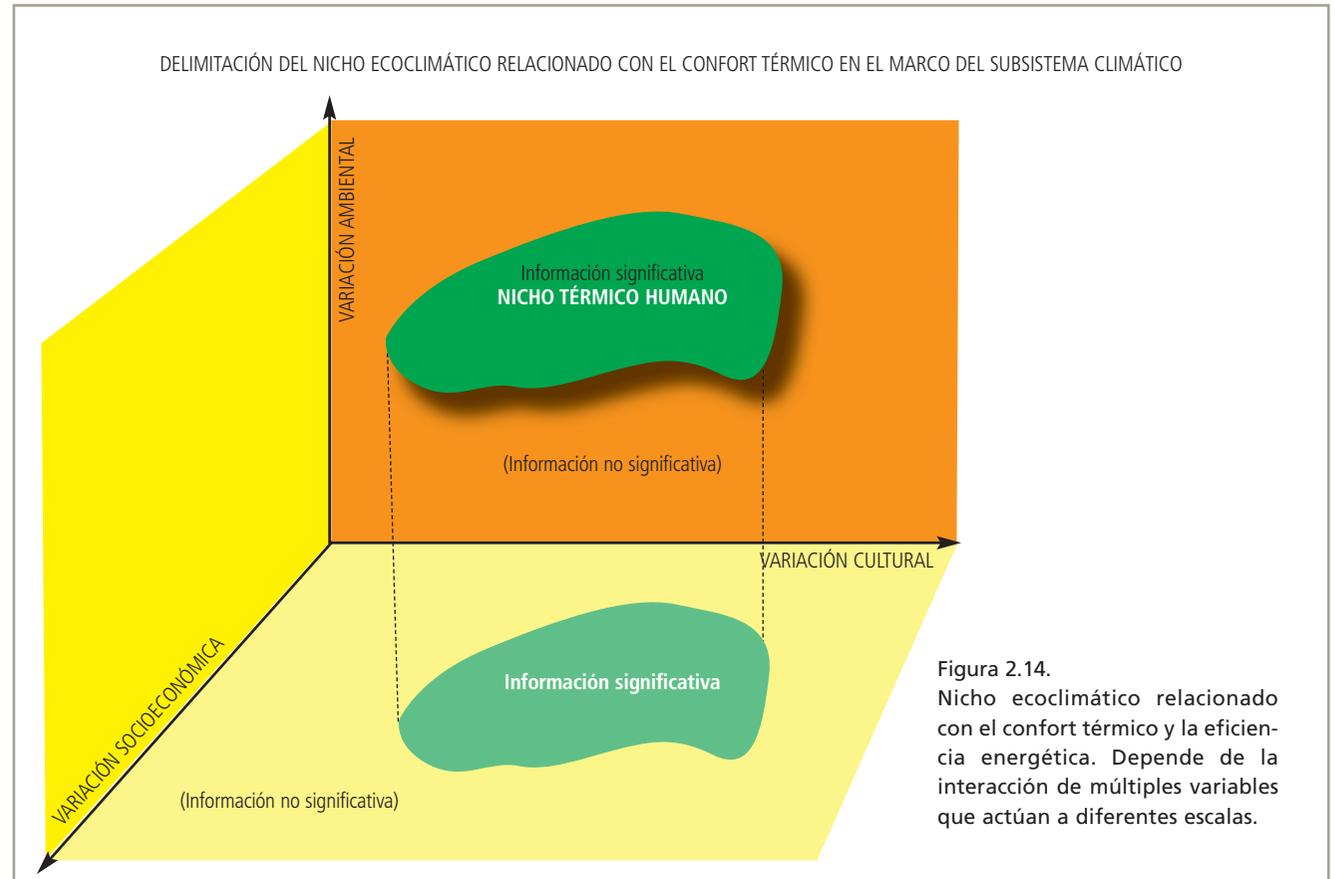
mediante funciones específicas (evapotranspiración, índices de confort, de aridez) o mediante representaciones gráficas (climogramas de Olgyay, Givoni), que resultan de utilidad en diferentes campos de actividad (edificación, industria, agricultura, turismo, etc.) desde varias perspectivas (planificación, legislación, diseño, etc.), al permitir caracterizar diferentes nichos eco-culturales cuya utilidad se describe en los correspondientes Manuales de Ecodiseño.

Nicho eco-cultural relativo al confort térmico. Potencia y eficiencia.

La información ecoclimática, una visión estructurada en torno al clima, se puede simplificar seleccionando los parámetros más significativos para un determinado objetivo o nicho eco-cultural y se puede utilizar para calcular una función objetiva a optimizar o bien se puede representar en un gráfico de carácter adaptativo. En ambos casos, se trata de evaluar el carácter adaptativo de la información, como sucede con el desplazamiento bípedo, cuyo carácter adaptativo depende de que el balance de las ventajas (aumento de velocidad, aplicación de la visión, uso de herramientas y la mejor temperatura de la cabeza) supere a las dificultades (dolor en el parto) para determinadas circunstancias (físico-químicas, morfológicas, fisiológicas, ecológicas, culturales y económicas). De esta forma la subsistencia de cualquier organismo u organización en determinado nicho eco-cultural depende de que la comprensión de las estructuras culturales supere a la complejidad de los problemas.

En relación con la subsistencia humana actual, la eficiencia energética en la edificación representa un parámetro especialmente importante que depende de factores naturales, biológicos y socioeconómicos.

Si la energía es abundante y no genera problemas ambientales, la solución adaptativa puede consistir en optimizar la potencia utilizando instrumentos de climatización que consumen electricidad, pero si existen problemas energéticos (de suministro, generación y distribución) y se producen efectos secundarios negativos, como los relacionados con el cambio climático, resulta más adaptativo optimizar la eficiencia.



En la actualidad, cuando proliferan los problemas ambientales, se considera adaptativo optimizar la eficiencia energética en la edificación, debido a que la construcción consume más energía que el transporte e incide sobre la contaminación, el cambio climático, la política energética, la ambiental y sobre la situación geoestratégica, el desarrollo y el nivel de vida de la población. Con esto, es posible mejorar la eficiencia energética en la edificación aprovechando la información que suministran los "Atlas Ecoclimáticos" y los "Manuales de Diseño en la Edificación".

El nicho eco-climático cultural relativo a la eficiencia energética en la edificación viene definido por un conjunto de parámetros significativos a distintas escalas (regional, subregional, insular,

zonal, estacional) de carácter climático (temperatura, humedad) y socioeconómicos (PIB, preferencias de la población, complejidad de la situación), que necesitan ser *falsados* a través de la monitorización de los proyectos para poder realizar los correspondientes ajustes en función del grado de complejidad de los problemas.

En el caso de problemas simples, se puede precisar el nicho representando la variación de la temperatura y de la precipitación en un diagrama ombrotérmico que sirve para caracterizar la vegetación y los condicionantes climáticos de las edificaciones simples. Sin embargo, en situaciones más complejas se requiere materializar gráficos específicos más comprensivos, como son los diagramas de Olgyay y Givoni, que permiten definir los factores

relacionados con el confort térmico a considerar en el diseño de edificios. Pero si la situación es más compleja aún, hay que recurrir a diferenciar “nichos ecoclimáticos” que integren una información multivariante relacionada con el confort térmico, como la que se representa esquemáticamente en la figura 2.14, en función de tres componentes principales de variación que recogen información relativa a la variación ambiental, socioeconómica y cultural a diferentes escalas.

Información significativa a diferentes escalas.

Dado que para definir los nichos ecoclimáticos es preciso disponer de información a diferentes escalas espaciales y temporales, como primera aproximación se diferencian las escalas geográficas, *macro*, *meso* y *micro*, cuyas características generales se esquematizan de manera sucinta en la figura 2.15 y de forma más detallada en la figura 2.16.

La escala macroclimática se refiere a las características de una capa cuyo espesor varía entre los 0 y 10 km y que hace referencia a factores astronómicos (declinación, ángulo horario) y geográficos (latitud, oceanicidad, continentalidad, altitud y barreras orográficas) y que se pueden determinar utilizando sensores remotos. La escala mesoclimática tiene que ver con las características de una capa atmosférica que varía entre los 0 y 4 km, relativa a elementos climáticos como la precipitación y la temperatura, que se miden mediante el instrumental de los observatorios meteorológicos situados a determinada altitud sobre el suelo y mediante globos sonda. Por último, la escala microclimática se refiere a las características de una capa de escaso espesor para cuya determinación es necesario realizar medidas a pocos centímetros de la superficie de elementos naturales (un lago, una pradera, un bosque) y culturales (una pérgola, un jardín, un cultivo o una casa) que condicionan la radiación, el viento, etc.

ADECUACIÓN DE LOS DATOS Y DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO. MONITORIZACIÓN DE PROYECTOS

Planteamiento

En general, para que una solución sea adaptativa se requiere que la información sea simple, ya que es más económico

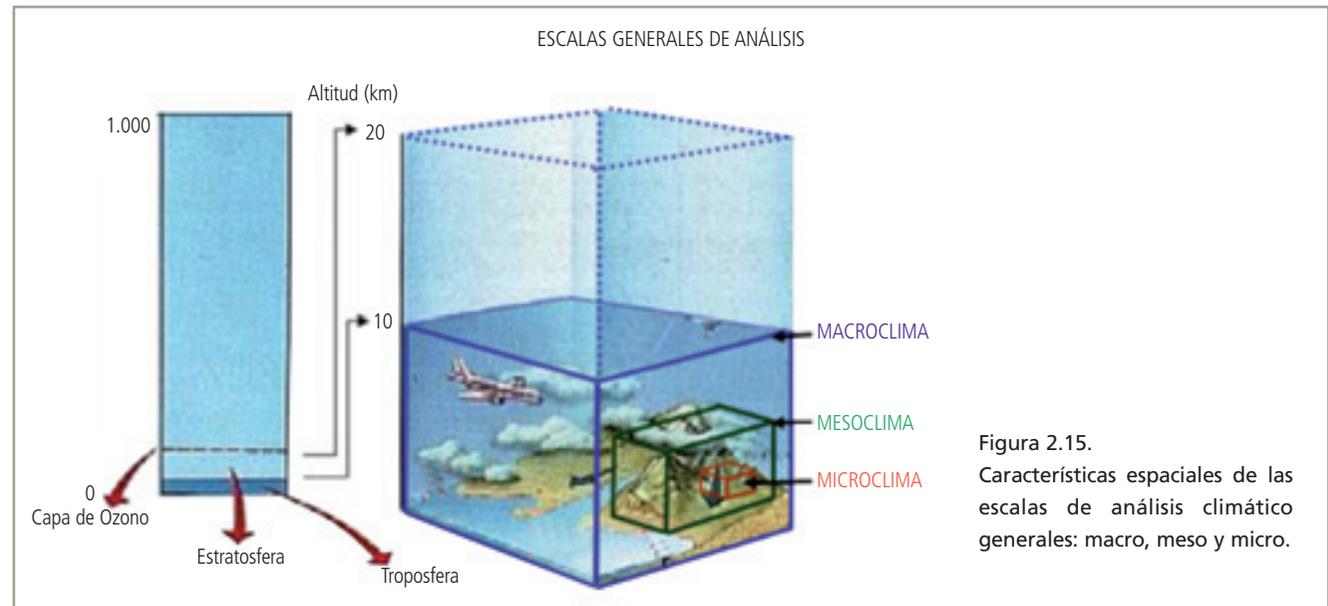


Figura 2.15. Características espaciales de las escalas de análisis climático generales: macro, meso y micro.

		CARACTERÍSTICAS			
		DIMENSIONES	VARIABLES SIGNIFICATIVAS	FACTORES LIMITANTES	INSTRUMENTOS DE MEDIDA
ESCALAS GENERALES DE ANÁLISIS	MACROCLIMA 	SUPERFICIAL: CIENTOS DE km ² : UN CONTINENTE, UN PAÍS. ALTITUDINAL: ENTRE LOS 4 km Y LA TROPOSFERA	- BALANCE DE ENERGÍA - BALANCE DE CALOR - CENTROS DE ACTIVIDAD - VIENTOS GENERALES - REGIONES CLIMÁTICAS	- LATITUD - ÉPOCA DEL AÑO - DISTRIBUCIÓN DE LOS MARES Y LOS CONTINENTES - CENTROS DE ACCIÓN	- SATÉLITES METEOROLÓGICOS - GLOBOS SONDA - SONDEOS EN ALTURA
	MESOCLIMA 	SUPERFICIAL: POCOS km ² (LA LADERA DE UNA MONTAÑA, ZONA DE RIEGO) ALTITUDINAL: ENTRE 0.01 - 4 km	- TEMPERATURA - PRECIPITACIONES - HUMEDAD - VIENTOS SUPERFICIALES	- ALTUTID - ORIENTACIÓN SOLAR - ORIENTACIÓN VIENTOS - FIOGRAFÍA DEL RELIEVE	- PLUVIÓMETRO - TERMÓMETRO - HIGRÓMETRO - ANEMÓMETRO
	MESOCLIMA 	SUPERFICIAL: UNOS METROS O MENOS. UN CULTIVO, INVERNADERO ALTITUDINAL: POCOS CENTÍMETROS	- RADIACIÓN - CALENTAMIENTO - HUMEDAD - TEMPERATURA - ADAPTACIONES MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS	- OBSTRUCCIONES: VIENTO - ALBEDO - CAPACIDAD TÉRMICA - CAPACIDAD CULTURAL	- TERMÓMETROS DE INFRARROJOS - TEMOPAR - RADIÓMETROS

Figura 2.16. Características de las tres escalas generales consideradas en el análisis ecoclimático: macroclimática, mesoclimática, microclimática. Estas escalas generales pueden ampliarse en función de la necesidad de las condiciones específicas de cada zona

establecer criterios de diseño en función de unos pocos parámetros. Pero debido a que la realidad puede ser más compleja, en muchos casos hay que considerar una información más compleja, la cual, para facilitar su uso, precisa recurrir al establecimiento de criterios generales que pueden necesitarse sucesivamente, según se avanza en la estructura del proyecto, adecuando la información climática a la complejidad del proyecto y así mejorar de forma adaptativa la eficiencia energética. Además, esta información debe adecuarse en función de los resultados de los proyectos para mejorar la competitividad de las soluciones, habida cuenta de las importantes repercusiones económicas, geoestratégicas y ambientales del consumo de combustibles fósiles en la actualidad, que superan a las del transporte.

Para garantizar la competitividad de las soluciones hay que definir el tipo de visión que resulte adaptativa (popular, bioclimática, sostenible) en función de la complejidad de los proyectos, y precisar los parámetros a utilizar a partir de los resultados de experimentos de laboratorio, monitorizado de edificios, análisis de gradientes (geográficos, climáticos o socioeconómicos) y de los resultados de observatorios de sostenibilidad (fijos o móviles).

Metodología

En la figura 2.17 se ofrece un esquema de monitorización de proyectos que se puede ampliar a situaciones más complejas como una urbanización, evolucionando a un análisis de gradientes o a un "observatorio de sostenibilidad", cabiendo también que evolucione a la experimentación en condiciones de laboratorio, simplificándola con eliminación de algunos elementos.

En las situaciones más simples, el sentido común basta para adaptar la información. En los casos más complejos, se precisa realizar experimentos en los que se fijen la mayoría de las condiciones, modificando algunos factores. Sin embargo, en el caso de un edificio completo o un diseño urbanístico hay que considerar múltiples factores sobre áreas completas aplicando el análisis de gradientes (geográficos, ambientales y culturales) o la metodología de observatorios de sostenibilidad fijos o de observatorios móviles a lo largo de un gradiente. En este caso, es necesario realizar un diseño multivariante, como podría ser

considerar un gradiente que fuera desde áreas rurales del interior de China a las grandes ciudades de la costa analizando como influyen los condicionantes climáticos en la eficiencia energética en la edificación.

CLIMA Y ARQUITECTURA EN CANARIAS

Diferencias climáticas y de planteamiento

La relación entre clima y edificación en Canarias presenta particularidades derivadas de las condiciones del clima, del grado de desarrollo, del estilo de vida, y de la percepción de la población general y de la cultura constructiva. Esto, a su vez, es resultado de la interacción entre las condiciones específicas del clima de Canarias y de elementos heredados de la cultura bereber (construcciones con estructura circular para protegerse del viento), romanas (patio interior, balcones y tejados de teja roja de doble vertiente) y norteafricanos (tejados planos en las zonas menos lluviosas al sur).

Situación a principios de los años setenta

Después del proceso de desarrollo económico acelerado iniciado en los años sesenta del pasado siglo, la construcción tradicional adaptada al clima fue perdiendo protagonismo a favor

del modelo de arquitectura moderna internacional que prestaban escasa atención a las condiciones naturales del clima. Sin embargo, y por otro lado, se produjo un claro rechazo a las soluciones foráneas que no tienen en cuenta el clima y en la práctica, a los criterios de diseño tradicionales y no se invierte en I+D+i.

En torno a los años ochenta se constata un movimiento de opinión que descalifica a diversos proyectos alegando como motivo el no tener en cuenta las condiciones climáticas de Canarias y la riqueza de la arquitectura popular como sucedió con el edificio de la Escuela de Medicina de Las Palmas de Gran Canaria, del que se comentaba que era un proyecto hecho para Suecia y que tenía a la entrada soportes para dejar los esquís.

Sin embargo, en la construcción diaria se presta escasa atención a la información sobre condicionantes climáticos, argumentándose que debido a la bondad del clima de Canarias no se necesita mejorar la eficiencia energética, sino incorporar las importantes repercusiones energéticas, económicas y ambientales de la información sobre el clima en la edificación como consecuencia del aumento de las exigencias de confort térmico en la vivienda y en las zonas públicas al aumentar el nivel de vida. A este respecto, basta considerar lo sucedido con el aire acondicionado en los coches y la evolución de la demanda en áreas

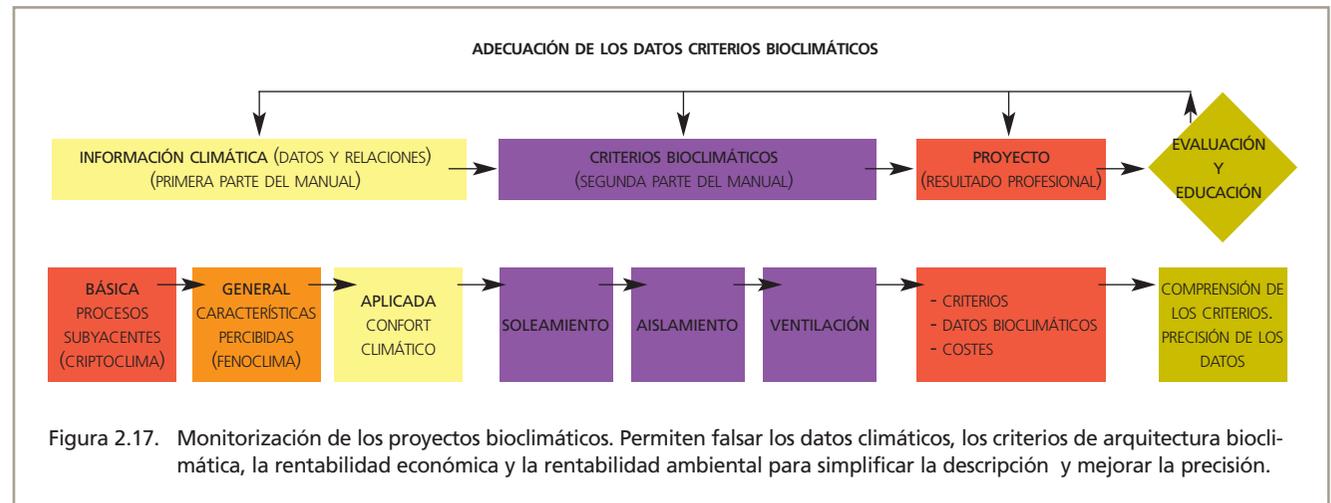


Figura 2.17. Monitorización de los proyectos bioclimáticos. Permiten falsar los datos climáticos, los criterios de arquitectura bioclimática, la rentabilidad económica y la rentabilidad ambiental para simplificar la descripción y mejorar la precisión.

equivalentes en cuanto a climatología y a nivel de vida, así como el efecto del abaratamiento de los sistemas de aire acondicionado, lo que conduce a un crecimiento acelerado del consumo de energía eléctrica, superior a la capacidad de suministro y de distribución.

Situación a finales de siglo. Crisis ambiental, cambio climático y edificación

Durante las primeras décadas del siglo XXI se evidencian en Canarias diferentes problemas ambientales, económicos y estratégicos debidos al aumento de la demanda de electricidad por los sistemas de refrigeración y de calefacción en hoteles, edificios públicos, edificios comerciales y viviendas, los cuales han ido aumentando su incidencia sobre la capacidad de generación y de distribución de energía eléctrica y para cuya solución la mejor alternativa radica en mejorar la eficiencia energética de la edificación, adecuando el diseño a las condiciones climáticas y aumentando la generación de energías renovables.

Tomando como base los argumentos referidos, en 1996 se organizó en la Universidad Internacional Menéndez y Pelayo Santa Cruz de Tenerife un curso sobre "Clima y ahorro energético en Canarias¹" con participación de la Universidad de La Laguna, del ITC, de la Patronal de la construcción, climatólogos, ecólogos y arquitectos, entre cuyas conclusiones se reconoció la conveniencia de promover la eficiencia energética en Canarias adecuando la edificación a las condiciones del clima. Más en concreto, se planteó la elaboración de un "Manual de Arquitectura Bioclimática de Canarias" que siguiera las pautas del "Manual de Arquitectura Bioclimática de Andalucía", adaptado a las condiciones de Canarias y aprovechando al respecto la información de los "Atlas Ecoclimáticos de Canarias" que se estaban desarrollando siguiendo pautas equivalentes a los "Atlas climáticos de la Subregión de Madrid".

Se consideró que el referido Manual tendría gran trascendencia económica y ambiental en Canarias al permitir mejorar la eficiencia de los edificios, con un importante ahorro económico, beneficios ambientales, reducción de la producción de gases de efecto invernadero y mejora estratégica derivada de la reduc-

ción de la dependencia energética, evitando el colapso del sistema de producción y distribución de energía eléctrica. A los aspectos referidos se han añadido, en los últimos años, otros muchos ligados al cambio climático que hacen que la información sea especialmente significativa para la planificación urbana y el diseño, aunque paralelamente, al adquirir una particular complejidad, requiere para su gestión una ampliación de los principios y planteamientos que se venían asumiendo.

INFORMACIÓN CLIMÁTICA SIGNIFICATIVA EN CANARIAS

Adecuación a las condiciones específicas de Canarias

Se puede mejorar la eficiencia energética en la construcción adecuando el diseño de los edificios a las condiciones climáticas específicas de Canarias, para lo que se necesita disponer de los datos sobre las condiciones específicas de cada isla, de cada zona, y de cada localidad en función del grado de complejidad de cada proyecto y de la situación socioeconómica.

Para determinar las características específicas del clima de Canarias de cada isla, de cada zona dentro de cada isla y de la localidad donde se desarrolla el proyecto, se puede comenzar especificando que el clima de Canarias es del tipo mediterráneo subtropical, que las diferentes islas presentan características específicas en función de la distancia al continente africano y del perfil altitudinal de cada isla y que, dentro de cada isla, las condiciones de cada estación varían en función de la altitud, la orientación, la fisiografía del terreno, el uso del área (natural, agrario, urbano), la densidad de población (baja, alta densidad) y de múltiples condiciones microclimáticas.

Complejidad de los proyectos y la situación

Para que la solución sea adaptativa se debe asumir una visión sobre el clima más o menos comprensiva en función de la complejidad de cada situación, de modo que en el caso de situaciones simples, basta aplicar criterios derivados de la arquitectura popular, incorporando elementos tradicionales (balcones, patios, protecciones solares), pero al aumentar la complejidad de los problemas ambientales, hay que incorporar visiones

más comprensivas siguiendo los criterios de la arquitectura bioclimática clásica, como sucede en áreas urbanas poco densas, donde bastaría añadir criterios de Vitruvio. Sin embargo, en las zonas con mayor población y mayor grado de desarrollo y densidad de urbanización, la situación es más compleja y se necesita aplicar procedimientos de climatización técnica. Por otro lado, si además se pretende tener en cuenta los problemas ambientales, la situación se hace más compleja y se necesita incorporar información climática y de diseño bioclimático, como los que se recogen en el Bloque II y en el Código Técnico de Edificación. Por último, en los casos muy complejos se necesita incorporar una información climática más comprensiva relativa a la visión sistémica del clima, tal y como se muestra en el Bloque III, como base de una arquitectura y de un urbanismo sostenible.

Información significativa en Canarias a diferentes escalas

Aunque, en general, se han diferenciado tres escalas generales (figura 2.15, figura 2.16), en el caso de zonas como Canarias hay que precisar más la información, subdividiendo cada una de las tres escalas en subescalas más concretas (figura 2.18).

La *escala macroclimática* se ha subdividido en tres escalas: global, zonal y archipelágica. La *escala global* considera la Tierra como un todo, analizándose al respecto el balance de radiación global utilizando la información de los satélites meteorológicos; la *escala zonal* considera básicamente la variación zonal del balance de radiación y de la temperatura; la escala regional tiene en cuenta el efecto debido a la distribución de los continentes y de los mares, que lleva a caracterizar el clima de Canarias como mediterráneo subtropical y que se diferencia de otras áreas de clima mediterráneo por la presencia de los alisios, que config.n el clima de Canarias como variante subregional del clima mediterráneo.

La escala mesoclimática se ha subdividido en dos escalas: archipelágica o interinsular e insular. La escala archipelágica

¹ Clima y ahorro energético en Canarias. Universidad Internacional Menéndez y Pelayo.

describe la variación entre islas en función de la distancia al continente y del patrón de variación altitudinal que presentan, mientras que la escala insular está relacionada con la variación altitudinal, la orientación y la fisiografía local del terreno. Finalmente, la escala microclimática se ha subdividido en una escala microclimática natural, asociada a la variación de elementos naturales, y en una escala microclimática urbana, ligada al efecto diferenciado de distintos factores antrópicos. La información obtenida permite caracterizar el nicho climático relativo al confort térmico con mayor precisión y se sintetiza en la figura 2.19.

		INFORMACIÓN CLAVE			
		BÁSICA (CRIOCLIMA)	GENERAL (FENOCLIMA)	APLICADA (CONFORT TÉRMICO)	
ESCALAS DE ANÁLISIS	MACRO	GLOBAL (VARIACIÓN ZONAL)	BALANCE GLOBAL DE RADIACIÓN	TEMPERATURA MEDIA DE LA TIERRA	CAMBIO CLIMÁTICO
		ZONAL (VARIACIÓN REGIONAL)	- BALANCE ZONAL DE RADIACIÓN - CENTRO DE ACTIVIDAD - VIENTOS ZONALES	ZONAS CLIMÁTICAS EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA	- RADIACIÓN POTENCIAL POR ZONAS - TEMPERATURA MEDIA
		REGIONAL (VARIACIÓN SUBREGIONAL)	- DISTRIBUCIÓN DE CONTINENTES - CENTROS DE ACTIVIDAD DEL CLIMA	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA: CANARIAS COMO CLIMA MEDITERRÁNEO SUBTROPICAL	- DIAGRAMAS DE WALTER - DIAGRAMAS DE KOEPPEN
	MESO	ARCHIPELÁGICA (VARIACIÓN INTERINSULAR)	- OCEANIDAD - ALTITUD MEDIA	TEMPERATURA MEDIA DE LA TIERRA	CAMBIO CLIMÁTICO
		INSULAR (VARIACIÓN INTRAINSULAR)	BALANCE DE RADIACIÓN Y CALOR - ALTITUDINAL - SECTORIAL	GRADIENTE CLIMÁTICO - ALTITUDINAL - ORIENTACIÓN - ESTACIONES	TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS
	MICRO	MICROCLIMA NATURAL (VARIACIÓN INTRALOCAL)	BALANCE MICRO DE RADIACIÓN Y CALOR - ORIENTACIÓN - OBSTRUCCIONES	PROCESOS Y CONDICIONES MICROCLIMÁTICAS NATURALES	DIAGRAMA DE OLGYAY
MICROCLIMÁTICA URBANA (VARIACIÓN ANTRÓPICA)		BALANCE DE RADIACIÓN Y CALOR - MUROS - CUBIERTAS		DIAGRAMA DE GIVONI	

Figura 2.18. Información significativa específica de diferentes escalas de análisis.

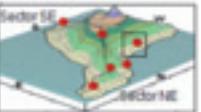
ESCALA DE ANÁLISIS		INFORMACIÓN CLAVE			
ESCALA	REPRESENTACIÓN	BÁSICA	GENERAL	APLICADA	
MACRO	GLOBAL (VARIACIÓN ZONAL)	 TIERRA	BALANCE GLOBAL DE RADIACIÓN Y DE CALOR	TEMPERATURA MEDIA DE LA TIERRA	DIAGRAMA DE CAMBIO CLIMÁTICO
	ZONAL (VARIACIÓN REGIONAL)	 ZONA Templada	- BALANCES ZONAL DE RADIACIÓN Y DE CALOR - CENTROS DE ACTIVIDAD - VIENTOS ZONALES TÉRMICOS	ZONAS CLIMÁTICAS EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA	DIAGRAMA SOBRE LA VARIACIÓN DE RADIACIÓN Y TEMPERATURA POTENCIAL POR ZONAS
	REGIONAL (VARIACIÓN SUBREGIONAL)	 R. MEDITERRÁNEA	DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTES. CENTROS DE ACTIVIDAD DEL CLIMA ESPECÍFICOS DEL CLIMA MEDITERRÁNEO	REGIONES CLIMÁTICAS EN FUNCIÓN DE: - TEMPERATURA - PRECIPITACIÓN - REGIÓN MEDITERRÁNEA SUBTROPICAL	CLASIFICACIÓN DE HÁBITAT. DIAGRAMA DE WALTER
MESO	ARCHIPELAGICA (VARIACIÓN INTERINSULAR)	 CANARIAS	- OCEANICIDAD - ALTITUD MEDIA	- OSCILACIÓN TÉRMICA - TEMPERATURA MÍNIMA	
	INSULAR (VARIACIÓN INTRAINSULAR)	 TENERIFE	- BALANCE DE RADIACIÓN SECTORIAL Y CALOR ALTITUDINAL Y SECTORIAL	VARIACIÓN ALTITUDINAL Y POR SECTORES. INFORMACIÓN CLIMÁTICA ESTACIONAL.	
MICRO	MICROCLIMA NATURAL (VARIACIÓN INTRALOCAL)	 MICROHÁBITAT NATURAL	BALANCE MICRO DE RADIACIÓN Y DE CALOR. - SOLEAMIENTO - ORIENTACIÓN - OBSTRUCCIÓN	DIFERENCIAS MICROCLIMÁTICAS NATURALES DE TEMPERATURA. TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS.	DIAGRAMA DE OLGYAY
	MICROCLIMÁTICA URBANA (VARIACIÓN ANTRÓPICA)	 VIVIENDA	BALANCE DE RADIACIÓN Y CALOR EN: - MUROS - CUBIERTAS	DIFERENCIAS DE TEMPERATURA Y DE INVERSIÓN TÉRMICA DE LOS MUROS	INERCIA TÉRMICA MUROS. DIAGRAMA DE GIVONI

Figura 2.19. Información bioclimática significativa para Canarias a diferentes escalas. Se diferencia entre la información básica, general y aplicada.

BLOQUE II

INFORMACIÓN BIOCLIMÁTICA AMBIENTALISTA

Juan Pedro de Nicolás Sevillano
(autor)

Pedro Augusto Báez Díaz
Argelio García Rodríguez
Pedro Gilberto Cabrera Oliva
Francisco Ferrer Ferrer
(colaboradores)

Datos climatológicos utilizados en el documento:
Temperatura ambiente, humedad relativa y precipitaciones (*Fuente: D. Juan Pedro Nicolás Sevillano*)
Irradiancia solar global, insolación, dirección y velocidad del viento (*Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias*)

3. INFORMACIÓN CLIMÁTICA AMBIENTALISTA Y CONFORT TÉRMICO

J.P. de Nicolás Sevillano

RESUMEN

En este bloque se analiza la información climática necesaria para elaborar los climodiagramas de Olgyay y de Givoni que se utilizan en la segunda parte del Manual. Se trata de una información climática a la que calificamos de ambientalista y que incluye la variación mensual de las temperaturas máximas y mínimas diarias, de las humedades máximas y mínimas diarias y de la radiación. Ésta es una información relativa a localidades concretas que resulta más comprensiva que la información que ofrecen el sentido común, los índices climáticos, las clasificaciones climáticas y los climodiagramas bioclimáticos generales.

Para facilitar la labor de los diseñadores se ha estimado por interpolación de la información climática ambientalista de las estaciones meteorológicas de Canarias, las características climáticas ambientalistas de una serie de localidades de referencia que son representativas de zonas que experimentan cierta demanda de edificación. Esta información que se ofrece de forma estandarizada en los capítulos 4 y 5, puede ser utilizada directamente en el diseño de proyectos que se vayan a realizar en zonas próximas a las localidades de referencia. Además, cuando los proyectos vayan a realizarse en localidades distantes de las de referencia, se posibilita estimar por interpolación los correspondientes parámetros bioclimáticos, describiendo en este capítulo los patrones de variación de los diferentes parámetros en función de diferentes factores geográficos, fácilmente determinables y relacionados significativamente con la variación de los referidos parámetros bioclimáticos.

INFORMACIÓN AMBIENTALISTA

Características generales

Los valores medios anuales de precipitación y de temperatura, los diferentes índices obtenidos a partir de ellos y los valores mensuales utilizados en diferentes clasificaciones y diagramas climáticos permiten ofrecer una imagen muy simplificada del nicho térmico que posibilita explicar la distribución de la vegetación natural y de los cultivos y valorar la adecuación de los diseños bioclimáticos a las condiciones del lugar. Pero para el diseño de proyectos bioclimáticos complejos o medianamente complejos se precisa complementar los valores medios anuales de diferentes elementos climáticos, los índices bioclimáticos generales, las clasificaciones bioclimáticas como la de Köppen y la información que ofrecen los climodiagramas generales como el de Walter con los valores medios de las máximas y de las mínimas diarias de la temperatura, de la humedad, de la radiación y del viento. Si para una temperatura media mensual de 24 °C las oscilaciones diarias son reducidas, esto supone que el confort térmico de la localidad es bueno, pero si las oscilaciones diarias son intensas, este valor medio resulta poco ilustrativo. Para ilustrar lo referido podemos referir que si en una localidad la temperatura desciende por la noche a 14 °C (condiciones frías que requieren calefacción) y por el día la temperatura alcanza los 34 °C (condiciones cálidas que requieren refrigeración), aunque el valor medio de la temperatura es de 24 °C no se puede decir que el confort térmico es el adecuado, sino todo lo contrario. De ahí que cuando la oscilación diaria es intensa se precisa tener en cuenta los valores mensuales de las temperaturas máximas

diarias y de las mínimas diarias, y algo similar se podría decir respecto a la humedad, a la radiación y sobre el viento.

Obtención de la información necesaria para un proyecto concreto

Para elaborar los diagramas de Olgyay y de Givoni se utiliza la información climática ambientalista de cada localidad, que representa un área más o menos amplia en la cual las condiciones climáticas relacionadas con el confort térmico permanecen homogéneas. Con el fin de facilitar el uso de esta información bioclimática necesaria para los proyectos se ha calculado sistemática y homogéneamente la información bioclimática para una serie de "localidades de referencia", representativas de zonas caracterizadas por experimentar cierto desarrollo urbano en las Islas Occidentales (El Hierro, La Palma, La Gomera y Tenerife) y en las Islas Orientales (Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura). Esta información bioclimática tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- temperaturas máximas y mínimas diarias.
- humedades medias de las máximas y mínimas diarias.
- variación de la radiación mensual.
- distribución y velocidad de los vientos.

Los resultados obtenidos se ofrecen en los dos bloques siguientes, utilizándose esta información para elaborar los diagramas de Olgyay y de Givoni que se utilizan en la segunda parte del manual para establecer los criterios de diseño bioclimático en las diferentes localidades de referencia. La información suministrada es utilizable directamente en el caso de proyectos que se localizan junto a alguna de las localidades de referencia o que, sin estar próximos, presentan condiciones bioclimáticas asimilables.

Por otro lado, si la localidad donde se va a desarrollar un proyecto no es asimilable a ninguna de las localidades de referencia, a partir de los patrones de variación de las diferentes variables bioclimáticas ambientalistas en función de diferentes factores astronómicos (declinación, ángulo horario), geográficos (latitud, orientación, distribución continentes y mares), atmosféricos (estructura de la atmósfera, dinámica de los centros de acción, gases de efecto invernadero, etc.) que se ofrece en el presente bloque, se pueden estimar los elementos climáticos necesarios para dicha localidad.

Para facilitar las estimaciones aludidas en el presente bloque se describe la variación interinsular e inainsular de los diferentes elementos climáticos a partir del análisis de la información de diferentes observatorios meteorológicos de Canarias, tratando de ortogonalizar la variación en función de la altitud, de la orientación, de la altura de la capa de inversión, de la fisiografía y de otros factores, de modo que sea posible determinar los diferentes elementos climáticos en función de la altitud, de la orientación respecto al sol, de la altura de la capa de inversión, etc. de las localidades en las que se pretende realizar el proyecto.

INFORMACIÓN SOBRE LA VARIACIÓN DE LAS TEMPERATURAS

Temperatura media anual

La temperatura “media mensual” se obtiene promediando los valores máximos y mínimos diarios para los diferentes días de cada mes, y la temperatura “media anual” se obtiene promediando las diferentes medias mensuales. Ambas ofrecen una visión general sobre las condiciones del clima que permite evaluar a grandes rasgos la adecuación de las soluciones bioclimáticas desarrolladas en áreas con determinadas condiciones bioclimáticas, pero resultan insuficientes para el diseño bioclimático debido a que para estos se precisa considerar también la información sobre los valores de las máximas y de las mínimas diarias. En la figura 3.1 se describe la distribución de la temperatura media anual en Canarias, evidenciándose una clara correlación negativa con la altitud pese a que aumenta la radiación con

la altitud, debido a que también disminuye la presión atmosférica y este efecto tiene un peso mayor sobre la temperatura que el que produce el aumento de la radiación. Además, el valor de la temperatura depende de otros factores como la orientación (norte, sur), la proximidad a la corriente fría de Canarias, la época del año y el tiempo atmosférico imperante.

En la figura 3.2 se representa la variación de la temperatura con la altitud y la orientación, apreciándose que en las laderas orientadas al norte la temperatura disminuye con la altitud $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, mientras que en las laderas orientadas más al sur el gradiente llega a ser de $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, observándose también el efecto debido a la inversión de temperatura.

Temperaturas medias mensuales de las máximas diarias

La temperatura de las máximas diarias se corresponde con la temperatura durante el día, cuando es mayor la intensidad de la radiación solar, y se estima promediando los valores de las máximas diarias durante cada mes.

Su variación depende de la latitud, del tiempo dominante, de la topografía, de la época del año y de la nubosidad. En la figura 3.3 se muestra la variación las temperaturas máximas diarias a lo largo del año, evidenciándose que las máximas diarias coinciden en verano, cuando la radiación es más intensa, pese a que durante esta época sopla constantemente el alisio, que es un viento fresco. Se puede decir entonces que el factor que más condiciona las máximas diarias es la radiación, aunque en algunos casos influye de forma más significativa la temperatura del aire que llega a las Islas, que puede ser muy alta cuando procede del continente africano, o muy fría cuando procede de los países nórdicos de Europa.

También influye significativamente la orientación. Así, cuando el alisio sobrepasa las cumbres más altas y se calienta al descender, como sucede cuando el alisio de NE supera Los Rodeos y desciende hacia Santa Cruz, aumentan las temperaturas máximas en Santa Cruz.

Otro factor significativo es la nubosidad, que reduce el calentamiento durante el día al reducir por un lado la radiación solar y, por otro, la pérdida de calor por radiación calorí-

fica durante la noche. Esto motiva que en Las Palmas de Gran Canaria la temperatura en verano sea inferior a la de Santa Cruz debido a la protección de la radiación que supone el “mar de nubes”; este fenómeno hace también que la temperatura en invierno sea superior.

Por último, hay que tener en cuenta el efecto de las inversiones de temperatura, que motiva que se invierta el gradiente normal de la temperatura haciendo que en las zonas más altas las temperaturas puedan ser mayores que en las más bajas, como sucede cuando las temperaturas máximas en La Laguna superan a las que se producen en Santa Cruz al darse el tiempo sur.

Temperaturas medias mensuales de las mínimas diarias

La temperatura media de las mínimas diarias corresponde normalmente a los valores de la temperatura durante la noche, cuando la radiación solar es nula y la radiación calorífica permanece alta. El resultado es el enfriamiento nocturno, que disminuye cuando hay nubes que dificultan la irradiación terrestre, lo cual explica que el “mar de nubes” reduzca la pérdida de calor de la superficie terrestre.

Los valores de las mínimas están relacionados negativamente con la altitud como se aprecia en la figura 3.4, en la que se ha representado la variación mensual de las mínimas diarias de estaciones situadas a diferente altitud, apreciándose el considerable efecto de la misma.

Las mínimas diarias también se ven afectadas por la corriente fría de Canarias, como se evidencia en la correlación negativa entre la temperatura media de las mínimas durante el verano y la distancia a la costa africana (figura 3.5). Sin embargo, esta correlación negativa no se evidencia diariamente durante los meses más cálidos debido al efecto de la radiación.

En determinadas condiciones, los vientos catabáticos fríos que se producen por la acumulación de aire frío en el fondo de los valles y de las calderas por las noches condiciona las temperaturas mínimas diarias. Esto explica que en Las Cañadas la temperatura sea más baja que en Izaña, pese a situarse ésta a mayor

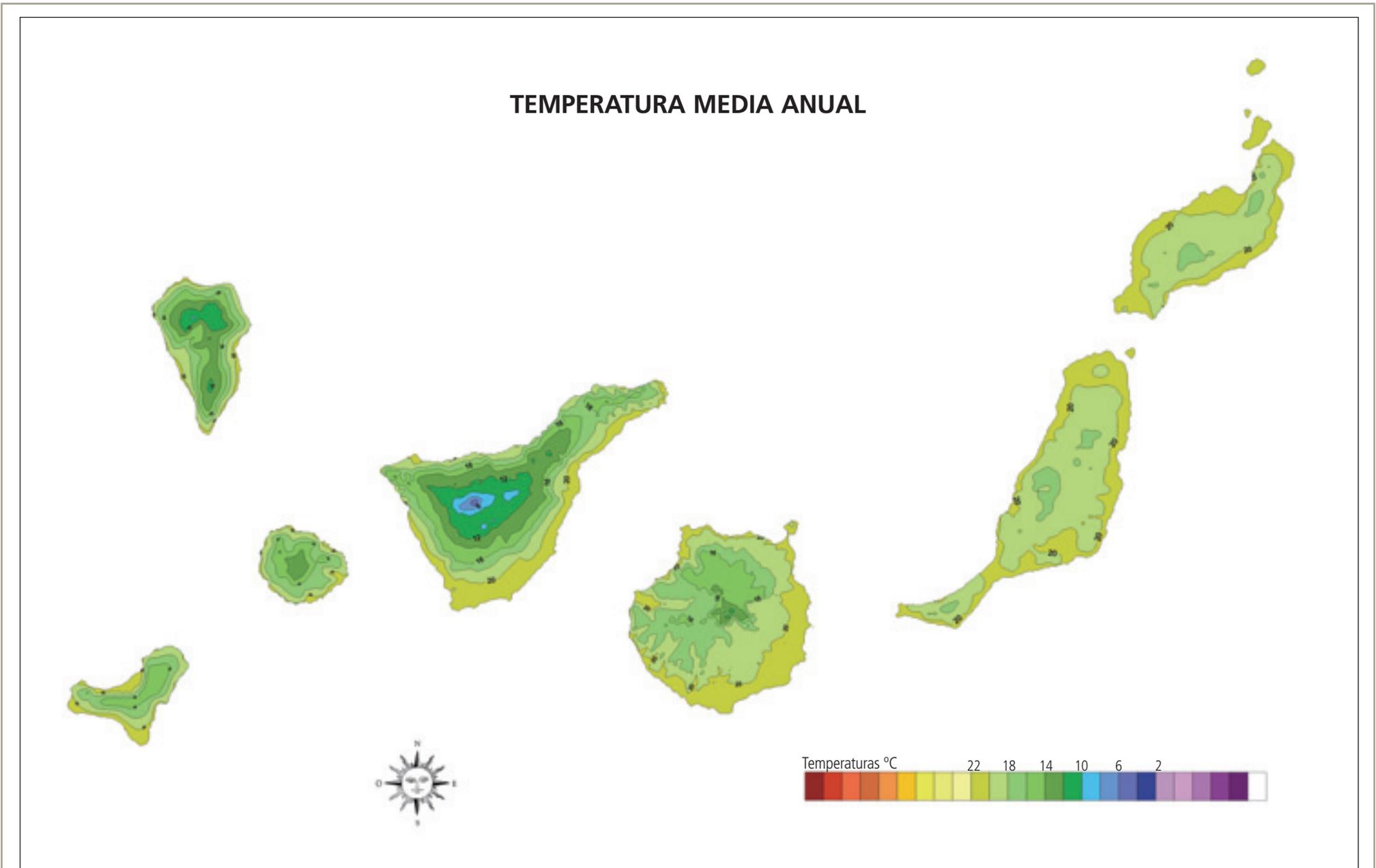


Figura 3.1. Distribución de la temperatura media anual en Canarias.

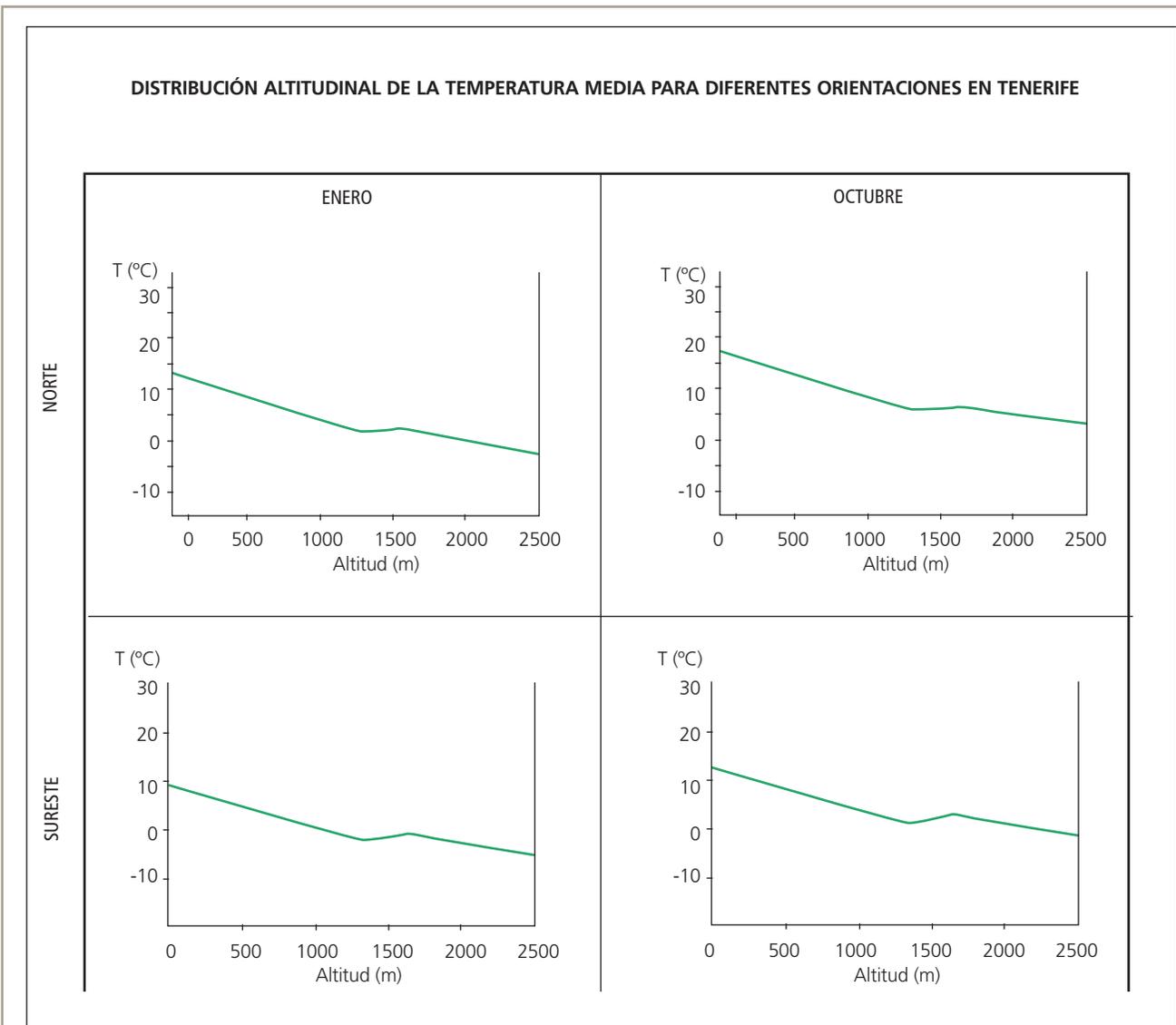


Figura 3.2. Variación de la temperatura media con la altitud, el periodo del año y la orientación. Mientras en la vertiente norte la temperatura disminuye con la altitud una media de unos 0,7 °C por cada 100 m, en la vertiente sur el gradiente llega a ser de 1,5 °C. Además se aprecia el efecto de la inversión.

altitud, pues en Las Cañadas se acumula el aire procedente del enfriamiento nocturno de las laderas, circunstancia que no se produce en Izaña debido a que se localiza en una ladera. Algo similar sucede en el Barranco de las Angustias (La Palma), donde se acumula el aire frío que se forma en las laderas motivando que en el Valle de Aridane las temperaturas nocturnas sean más bajas de lo que cabría esperar.

Oscilación de las temperaturas. Oscilación diaria y anual

Además de los valores medios de la temperatura, la oscilación de las temperaturas posee una especial significación adaptativa, cabiendo diferenciar al respecto entre la oscilación diaria y la oscilación anual.

La oscilación diaria de las temperaturas se ha evaluado calculando la diferencia entre las máximas y las mínimas diarias, mientras que la oscilación anual de la temperatura se evalúa calculando la diferencia entre la temperatura media en agosto y en enero.

En la figura 3.6 se ha cartografiado la media anual de la oscilación diaria de las temperaturas, apreciándose que en las partes bajas, húmedas y a sotavento la oscilación es de unos 6 °C ó 7 °C; mientras que en las zonas altas y a barlovento aumenta la oscilación hasta los 13 °C, como sucede en Las Cañadas y en Izaña debido a las invasiones invernales de aire polar, cuyo efecto se nota más en altura que en la costa. En las zonas bajas la oscilación diaria es menor que en las altas, siendo su media de 6,5 °C, si bien se reduce hasta 5 °C durante el verano en los lugares abiertos al alisio y aumenta hasta los 8 °C en las zonas resguardadas. En las zonas altas la variación diurna de la temperatura aumenta considerablemente, siendo de 15 °C en invierno y de 18 °C en verano, atribuible a la acumulación de aire frío en invierno.

Otro factor importante que condiciona la oscilación diaria de las temperaturas es el mar de nubes, como evidencia el que en Izaña la oscilación sea alta, debido a que durante el verano se sitúa por encima de la capa de inversión, mientras que en Las Palmas de Gran Canaria la oscilación diaria de la temperatura sea baja atribuible a que normalmente se sitúa por

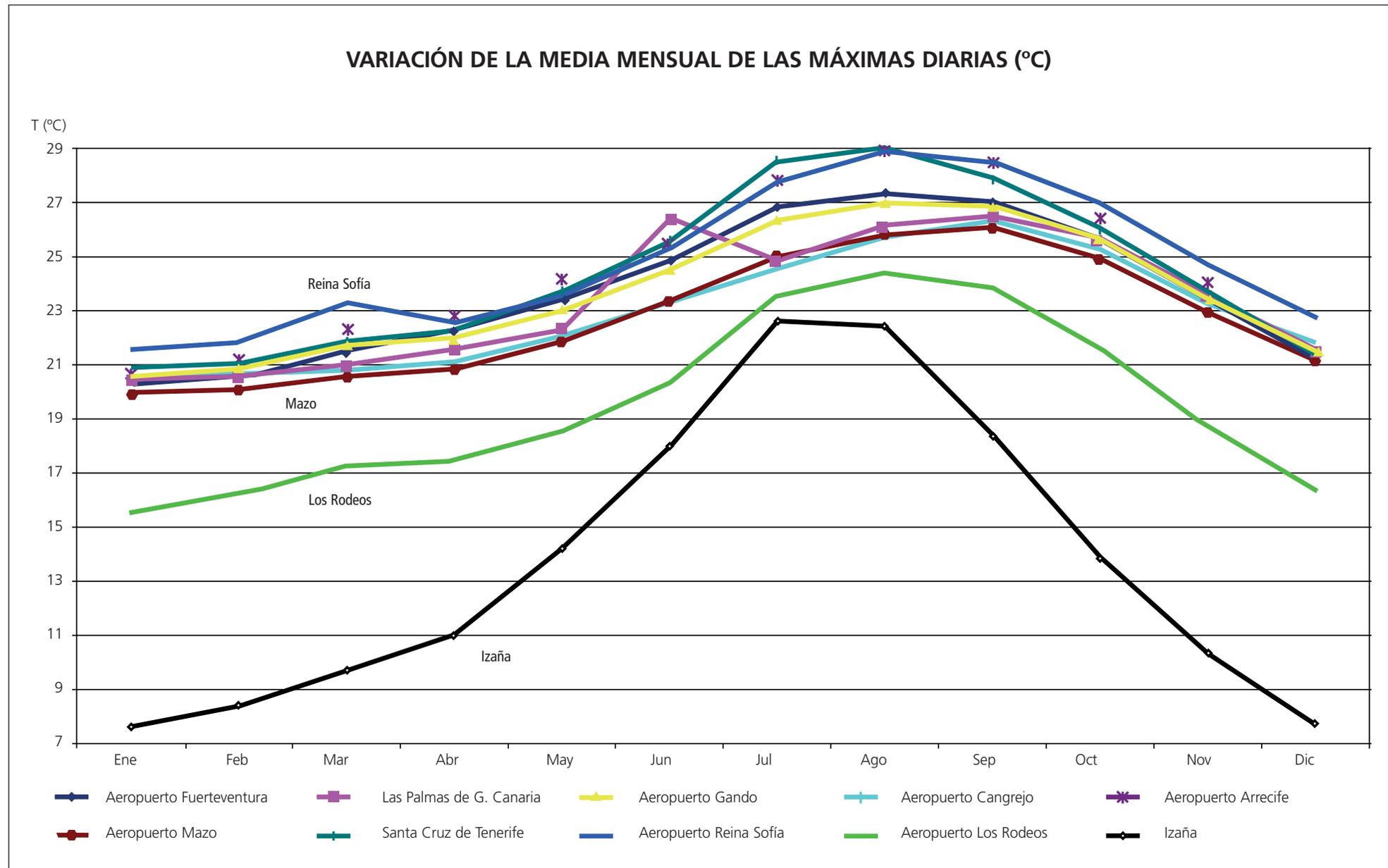


Figura 3.3. Variación de la media mensual de las máximas diarias (Fuente Font Tullot. Valores normales 1960-1990).

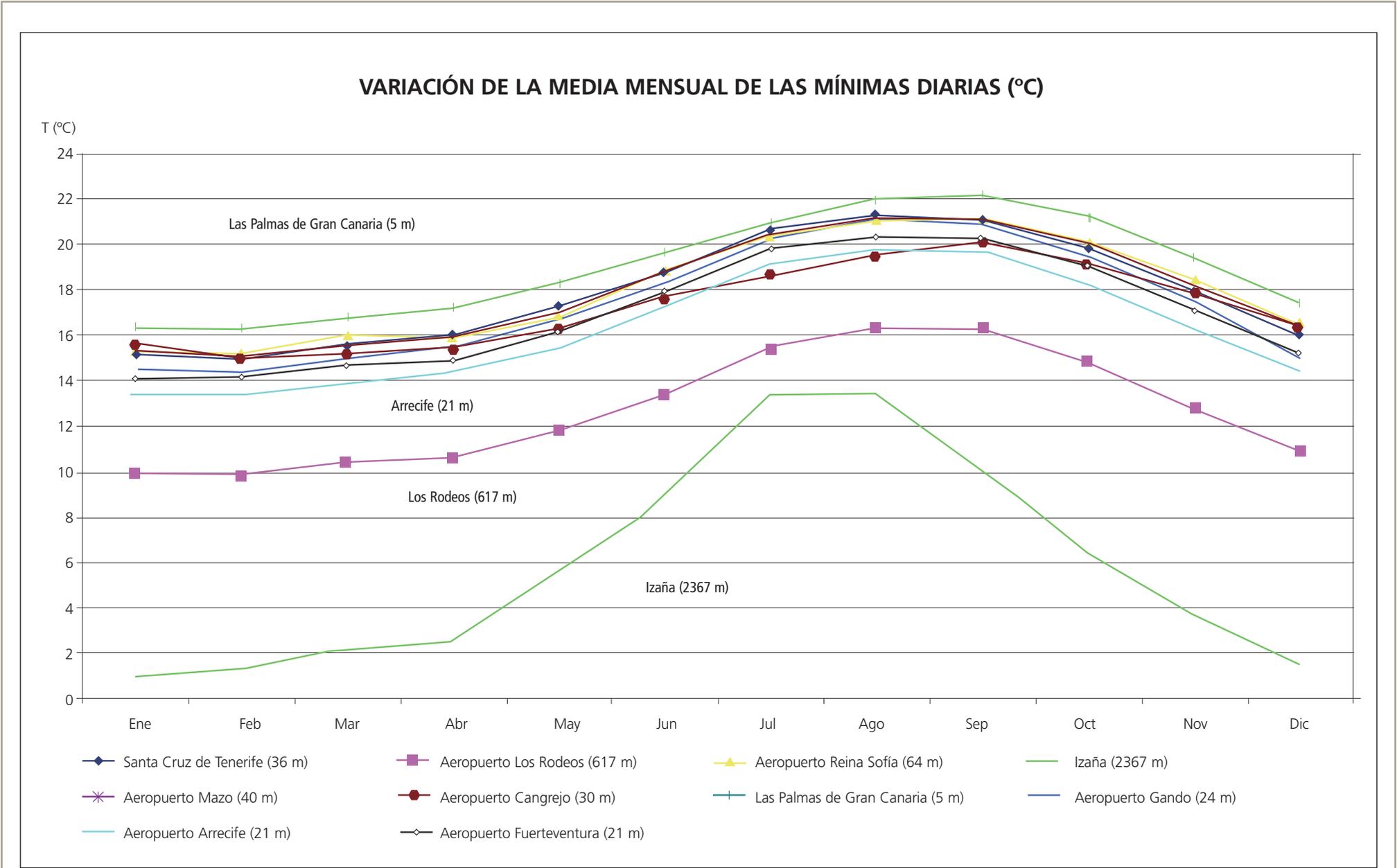


Figura 3.4. Variación de la media mensual de las mínimas diarias para estaciones situadas a diferente altitud (Fuente Font Tullot. Valores normales 1960-1990).

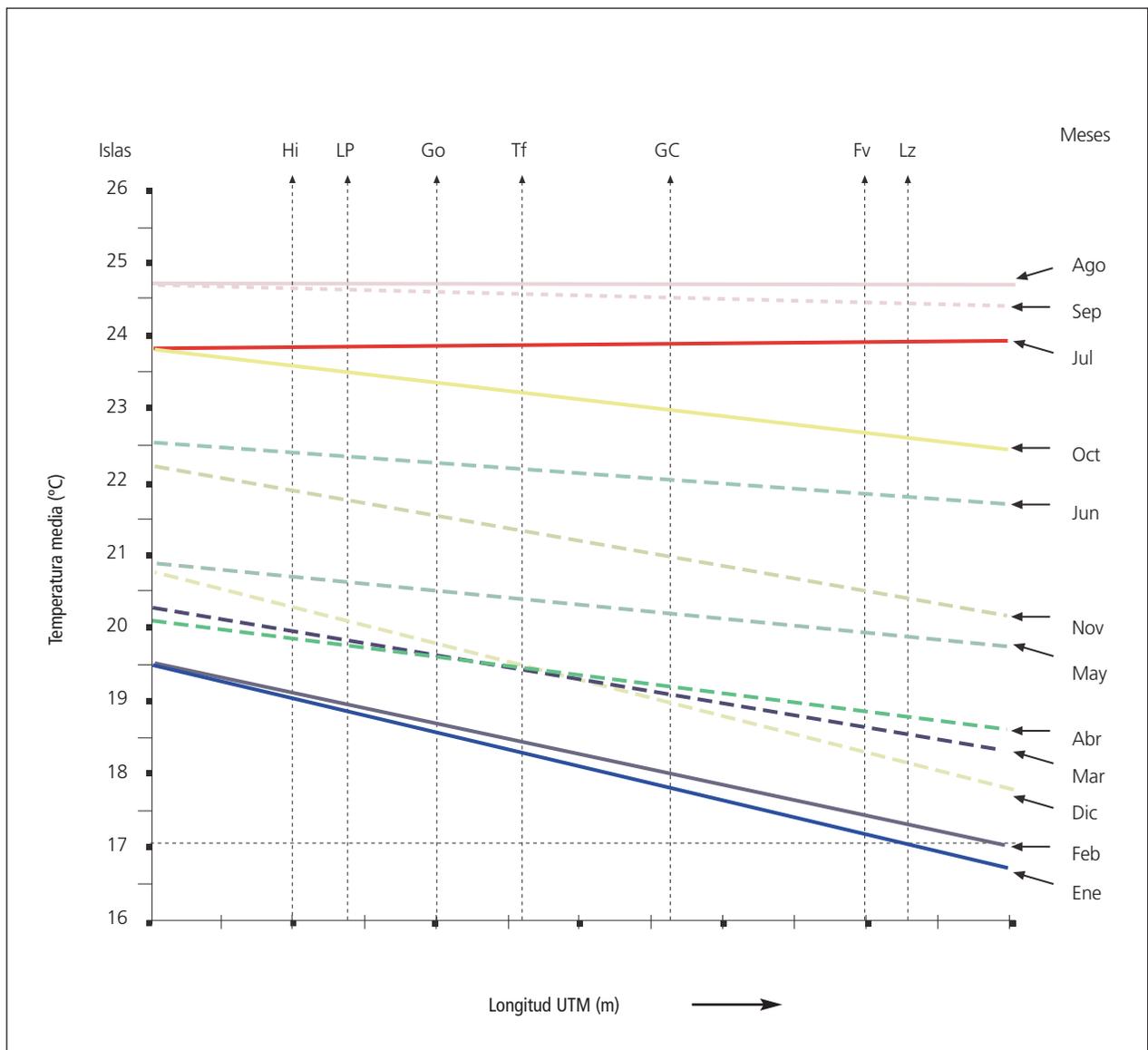


Figura 3.5. Variación de la temperatura media a nivel del mar en las Islas Canarias en función de la distancia a la corriente de Canarias (Leyenda de las islas: El Hierro (Hi), La Palma (LP), Gomera (Go), Tenerife (Tf), Gran Canaria (GC), Fuerteventura (Fv) y Lanzarote (Lz)).

debajo del “mar de nubes”, al menos durante el verano (figura 3.7). Por último, otro factor a considerar es la influencia de los vientos catabáticos fríos.

En relación con la oscilación anual de las temperaturas, en la figura 3.8 se ha cartografiado la variación de la oscilación anual, estimada mediante el cálculo de la diferencia entre la temperatura en agosto y en enero, dos periodos en los que existen diferencias contrastadas debido a la diferente inclinación de la radiación y a las diferentes condiciones meteorológicas. A este respecto, agosto se caracteriza por la invasión de aire sahariano motivando que durante este periodo las temperaturas puedan superar los 40 °C en las zonas más expuestas al tiempo sur, mientras que en las zonas más resguardadas raramente se superan los 30 °C. Por el contrario, durante enero dominan las borrascas de NW y los temporales fríos del Norte que hacen que las temperaturas descieran considerablemente.

En general, la oscilación anual es más fuerte en las zonas altas que en la costa debido al efecto amortiguador del agua, que hace que la oscilación anual a nivel del mar sea menor que en las zonas altas.

En la figura 3.9 se ha cartografiado la variación de la diferencia absoluta de la temperatura entre agosto y enero, apreciándose cómo disminuye en la costa y a barlovento respecto al alisio debido al efecto amortiguador del agua marina y del mar de nubes mientras que la oscilación aumenta con la altitud.

MEDIA ANUAL DE LA AMPLITUD DIARIA MEDIA DE LA TEMPERATURA

Islas Canarias

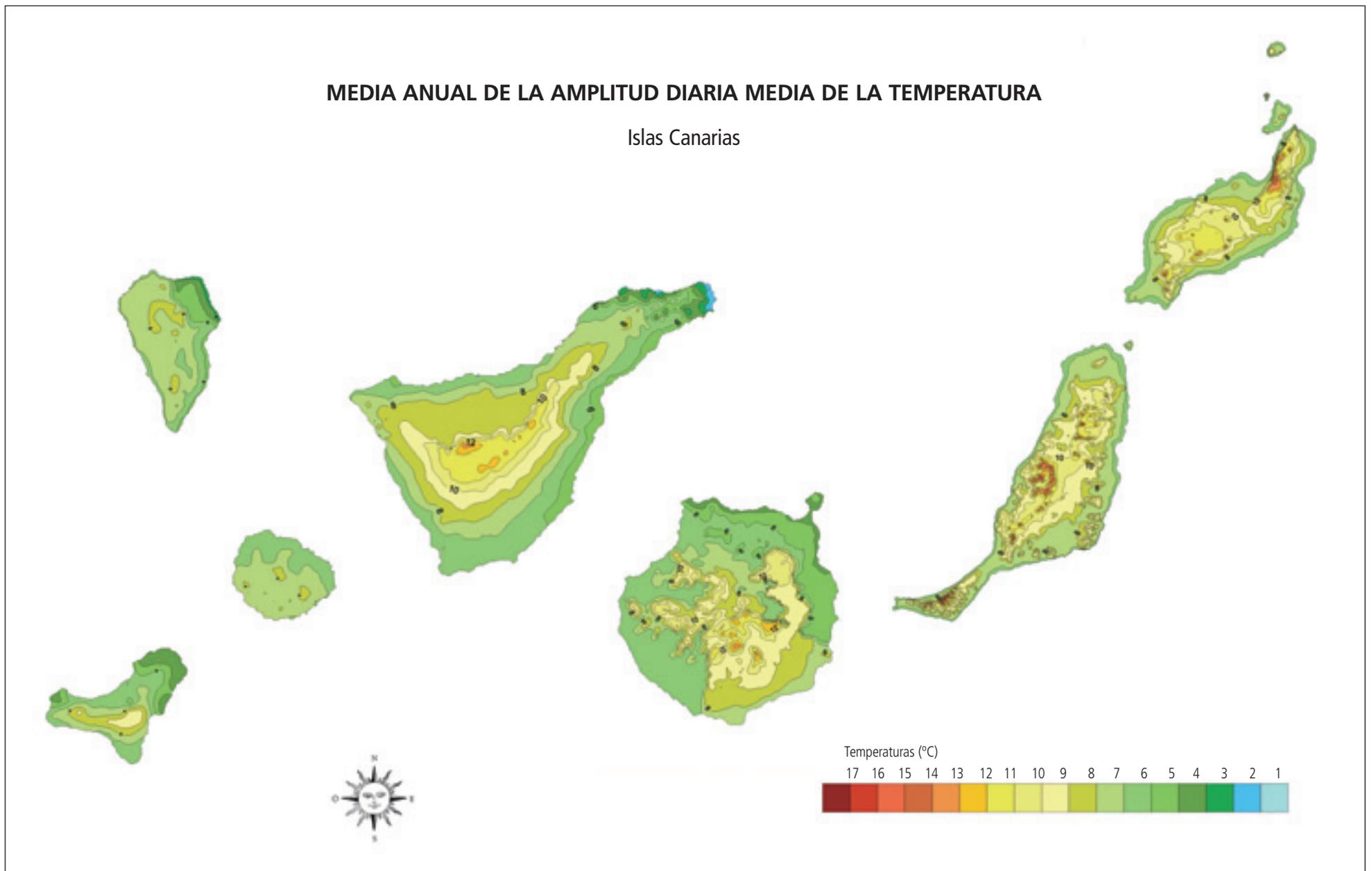


Figura 3.6. Distribución de la amplitud diaria media de la temperatura.

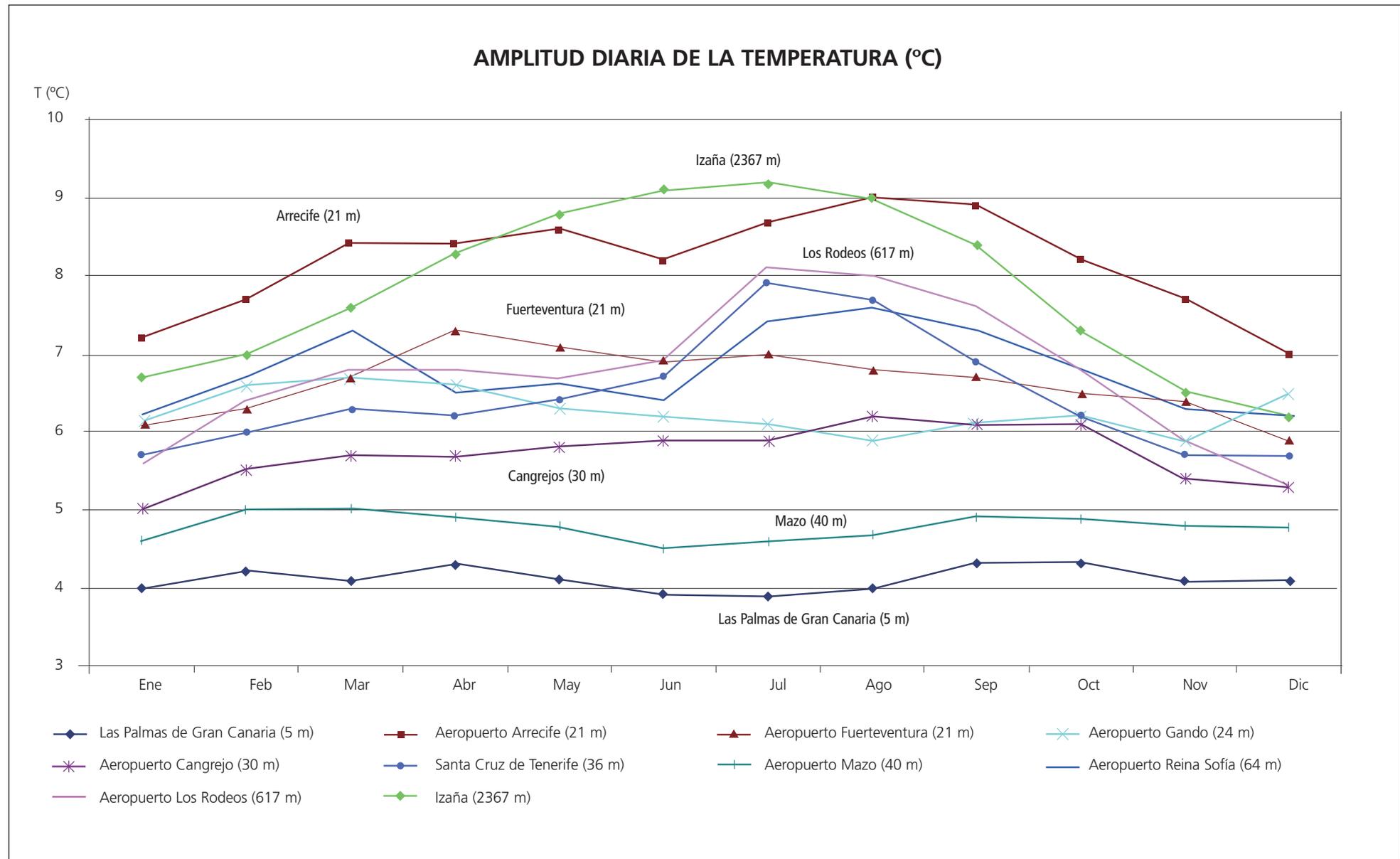


Figura 3.7. Diferencia entre la media mensual de las máximas y de las mínimas diarias (Fuente Font Tullot. Valores normales 1960-1990).

VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA ENTRE AGOSTO Y ENERO

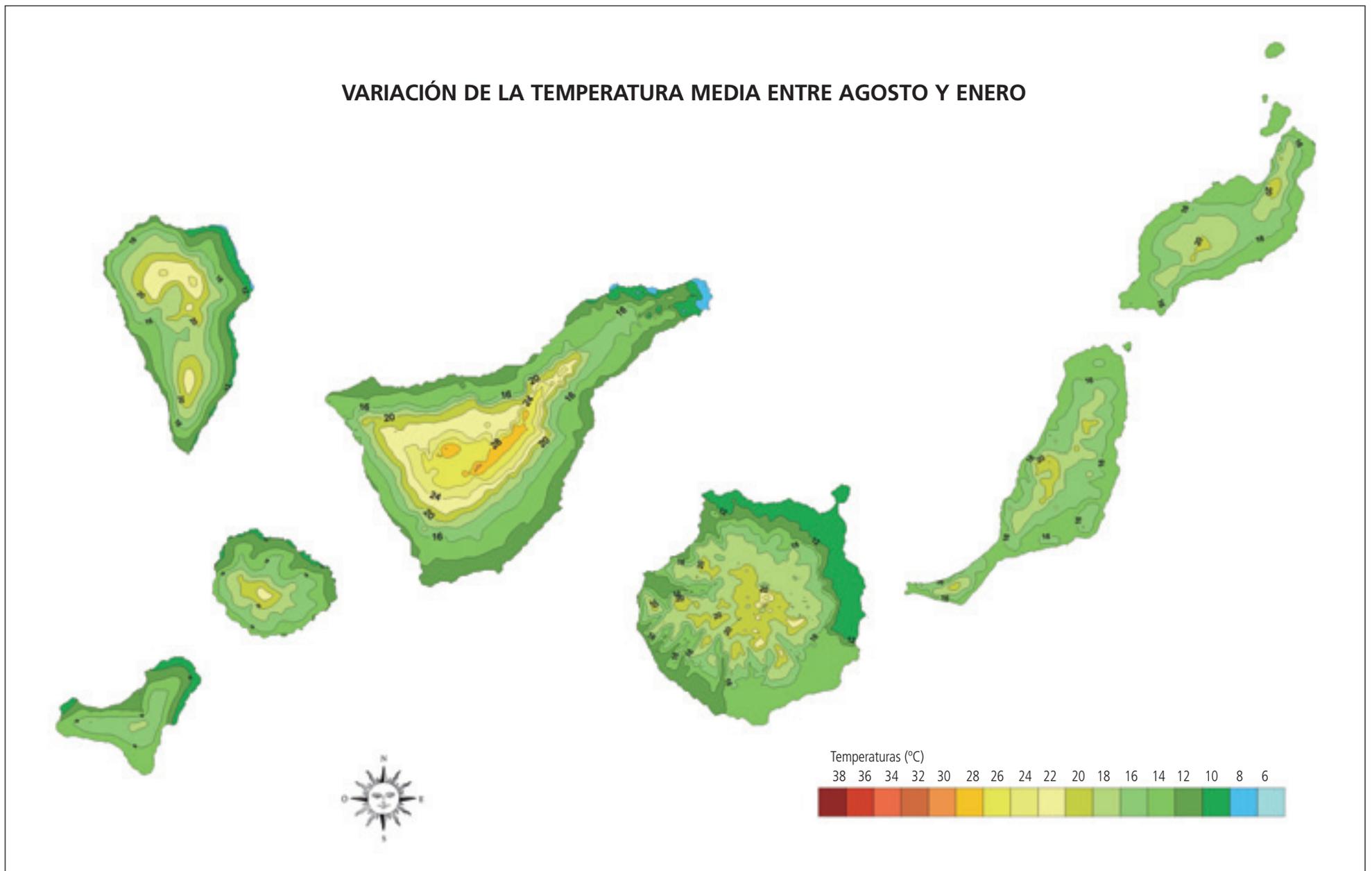


Figura 3.8. Variación de la temperatura media en agosto y en enero (se aprecia que las diferencias aumentan con la altura, mientras que las temperaturas en las zonas bajas, próximas a la costa, son más estables).

VARIACIÓN ABSOLUTA DE LA TEMPERATURA MEDIA ENTRE AGOSTO Y ENERO

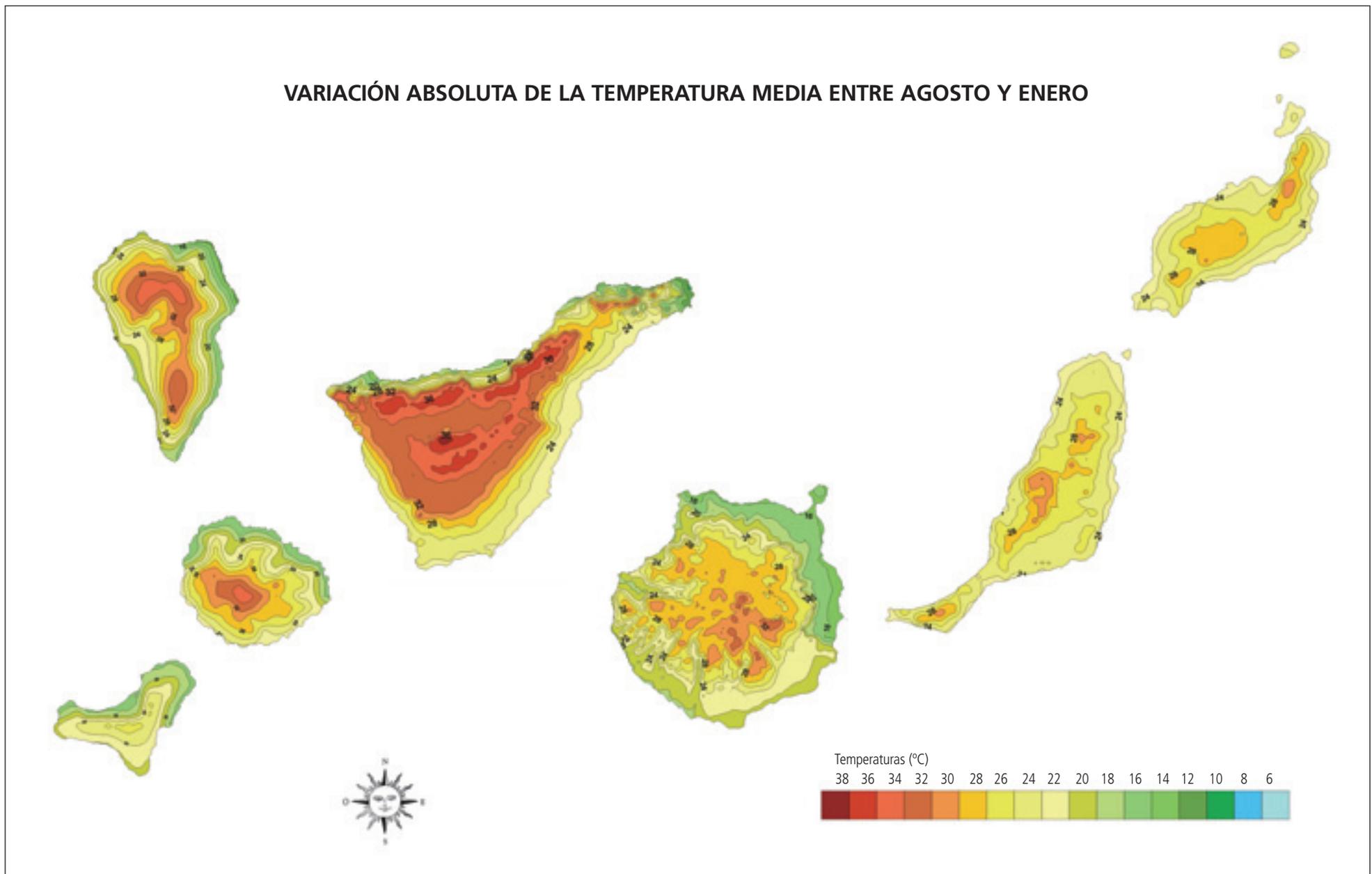


Figura 3.9. Variación absoluta de la temperatura estimada a partir de la diferencia entre la temperatura en agosto y enero.

VARIACIÓN DE LA HUMEDAD

Unidades de medida

La humedad se refiere a la cantidad de agua que contiene un determinado valor o masa de aire. Se puede definir de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad.

La humedad absoluta determina la cantidad de agua presente en el aire y se puede expresar en forma de gramos de agua por kg de aire (g/kg) en forma de gramos de agua por metro cúbico de aire (g/m³), o mediante la presión de vapor en pascales (Pa), kilopascales (kPa) o milímetros de mercurio (mm Hg). La humedad absoluta permanece relativamente estable pese a la variación de la temperatura mientras no se mezclen masas de aire diferentes.

La humedad relativa representa la humedad que contiene una masa en relación a la máxima humedad absoluta que podría contener en relación a la que podría tener en saturación. Se mide mediante el % de agua que contiene un volumen de aire a determinada temperatura respecto al que contendría en condiciones de saturación (100%). El valor de humedad relativa del 100% equivale al valor de saturación, que se produce cuando la temperatura es igual o inferior a la temperatura del punto de rocío.

Factores condicionantes

La humedad relativa aumenta al disminuir la temperatura. Por eso, cuando baja la temperatura, durante la noche o al ascender unas masas de aire, se forman nieblas, nubes, precipitación, escarcha, rocío, nieve y hielo en función de la temperatura y de la humedad del aire (figura 3.10).

Cuando una masa de aire se enfría, al ascender o por otro motivo como el contacto con aire más frío, el aire aumenta la humedad relativa, formándose primero nubes y, si continúa el enfriamiento, se forman gotitas de agua que se unen unas a otras hasta formar gotas mayores que pueden caer, dando lugar a precipitaciones (si la temperatura es muy baja, la precipitación se produce en forma de granizo y de nieve). Sin embargo, si las condiciones atmosféricas son estables y el

ascenso de las nubes se ve limitado, el aire no llega a enfriarse lo suficiente para producir precipitaciones dando lugar a formaciones nubosas como el "mar de nubes". En tales condiciones, si se establece un flujo de aire impulsado, por ejemplo, por los alisios, y el aporte de humedad es constante, se produce el fenómeno de la precipitación horizontal.

Si no existe inversión de temperatura, cuando el aire asciende, la humedad relativa aumenta con la altitud mientras que la humedad absoluta disminuye como resultado de la condensación y de la precipitación, lo que refleja que el patrón de variación de la humedad relativa es más complicado que el de la humedad absoluta. Cuando el aire alcanza la temperatura del punto de rocío, la humedad relativa es del 100% produciéndose fenómenos de condensación (nubes, niebla, rocío y escarcha).

La humedad absoluta del aire depende del origen marítimo o terrestre del aire que accede a las Islas y de la estratificación debida a la capa de inversión. Según la altura de la capa de inversión se diferencia una capa de aire situada por debajo de la capa de inversión, con humedad absoluta relativamente elevada, y una capa de aire superior con valores bajos de humedad relativa. En base a ello, en la zona costera la humedad absoluta suele ser del orden de 10 g/m³ en invierno y de 15 g/m³ en verano, lo que se corresponde con los datos del aire tropical, mientras que por encima de la capa de

nubes y de la capa de inversión la humedad absoluta es muy baja, siendo en Izaña de sólo 4 g/m³.

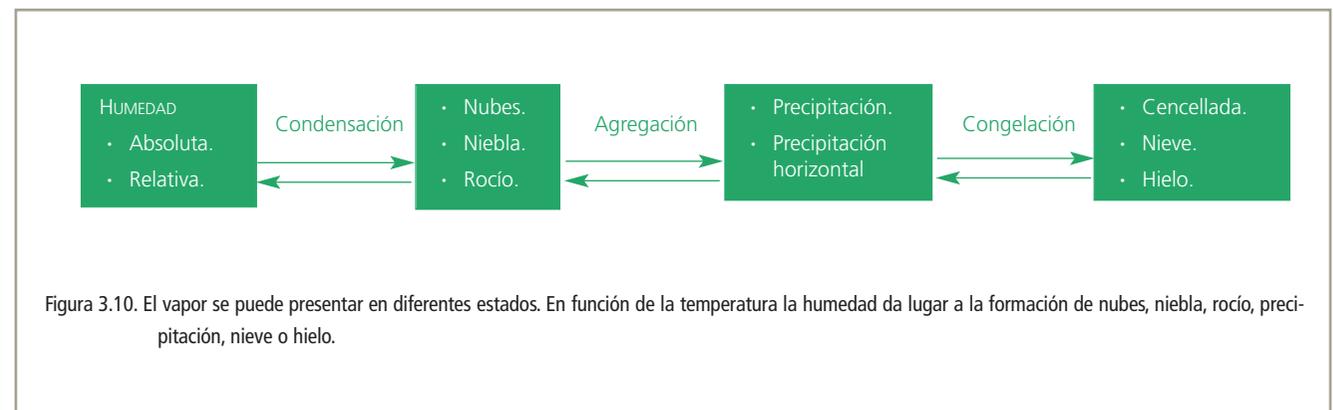
En general, a barlovento se suele diferenciar una capa de nubes que se conoce como mar de nubes, la cual se localiza entre la altura a la que se alcanza el punto de rocío (entre los 500 y los 700 m), a partir de la cual se inicia la condensación de la humedad, y el límite inferior de la inversión que suele situarse a 1200 m, aunque varíe a lo largo del año.

Por encima de la capa de inversión el aire es seco, siendo los valores de humedad relativa muy bajos, particularmente en los meses estivales, como sucede en Las Cañadas y en Izaña.

Otro factor que condiciona la variación de la humedad son los vientos catabáticos cálidos y secos. Éstos se producen al descender una masa de aire, lo que motiva que se caliente y que disminuya la humedad relativa, como sucede en Santa Cruz donde la humedad puede ser muy baja cuando se producen los vientos catabáticos secos que descienden desde La Laguna.

Humedad media mensual de las máximas diarias

En los observatorios principales localizados en las capitales de provincias, en los aeropuertos y en Izaña la determinación de la humedad se hace a las 7, a las 13, a las 19 y a las 24 horas; sin embargo, en la mayoría de los demás observatorios se realizan registros continuos a partir de los cuales se determina la humedad máxima y la mínima. Para homogeneizar los datos de ambos tipos



de observatorios se asume que los valores máximos de humedad se producen a las 7 horas, cuando la superficie terrestre se ha enfriado y se aproxima a la temperatura del punto de rocío, y que los valores mínimos se producen a las 13 horas, cuando la tempe-

ratura es más alta. Sin embargo, no siempre los valores a las 7 y a las 13 horas son buenos estimadores de los datos extremos, pues en Izaña pueden producirse los valores extremos a otras horas, cosa que muy raramente sucede con las temperaturas.

En la figura 3.11 se representa la variación de la humedad a las 7 h, lo que, en principio, corresponde a la máxima diaria de humedad, apreciando que en Izaña alcanza un valor muy bajo debido a situarse frecuentemente, particularmente en verano,

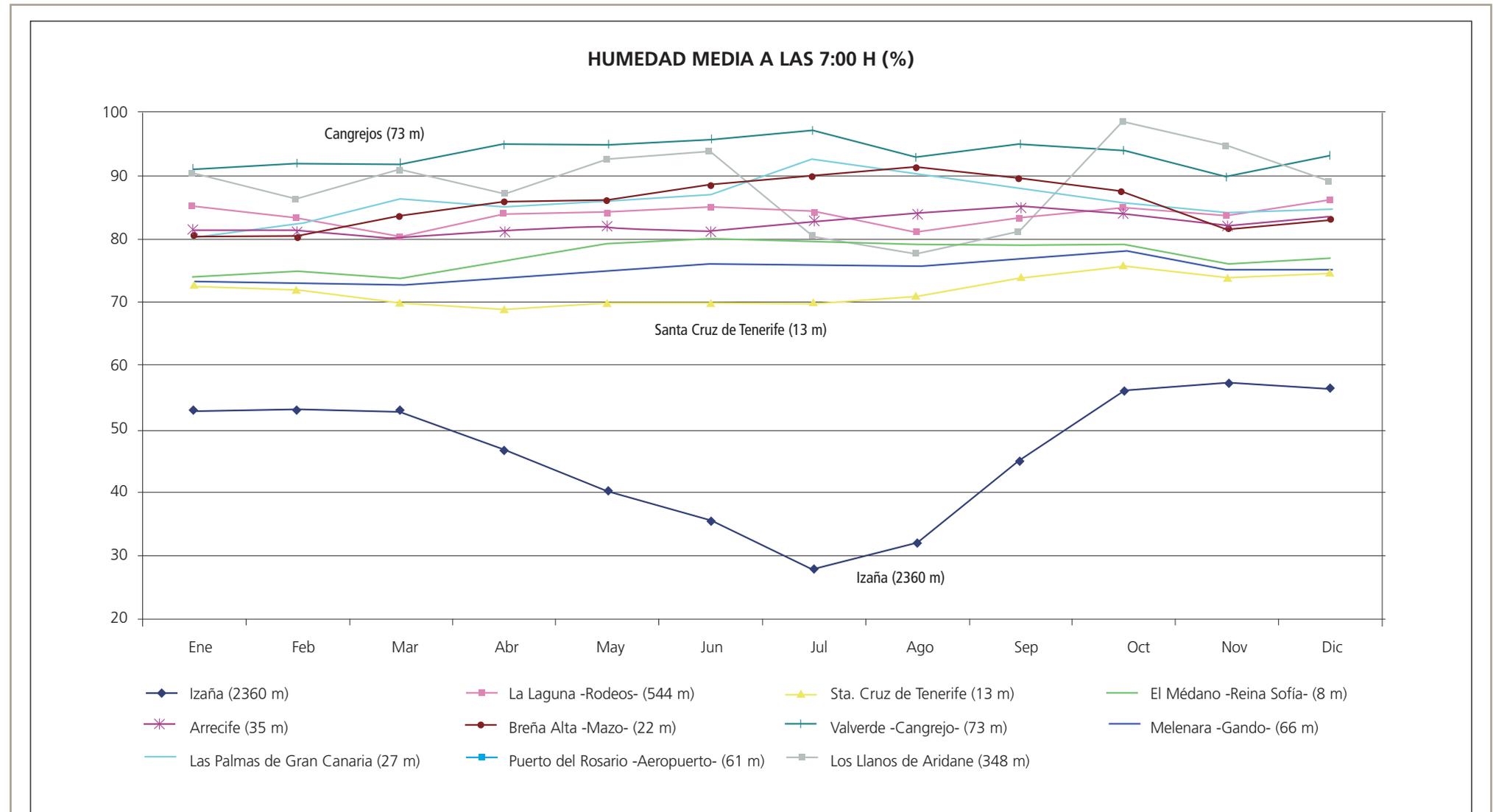


Figura 3.11. Variación mensual de los valores medios mensuales de la humedad a las 7 horas, lo que se puede asociar a la media mensual de las máximas diarias.

por encima del mar de nubes que es cuando se sitúa a menor altitud la capa de inversión.

En general, por debajo de los 600 m de altitud la humedad máxima (por la noche) varía poco a lo largo del año, correspondiendo los valores más altos a las estaciones de barlovento. Sin

embargo, en las estaciones situadas a gran altitud como Izaña se aprecian grandes diferencias a lo largo del año debido a que durante el verano la inversión se sitúa a menor altitud e Izaña se sitúa en la capa seca situada por encima de la capa de inversión, motivando que disminuya mucho la humedad.

Humedad media mensual de las mínimas diarias

Los valores más bajos de humedad diaria se producen durante el día debido al aumento de la temperatura, aunque en el caso de tiempo sur los valores pueden permanecer muy bajos durante todo el día.

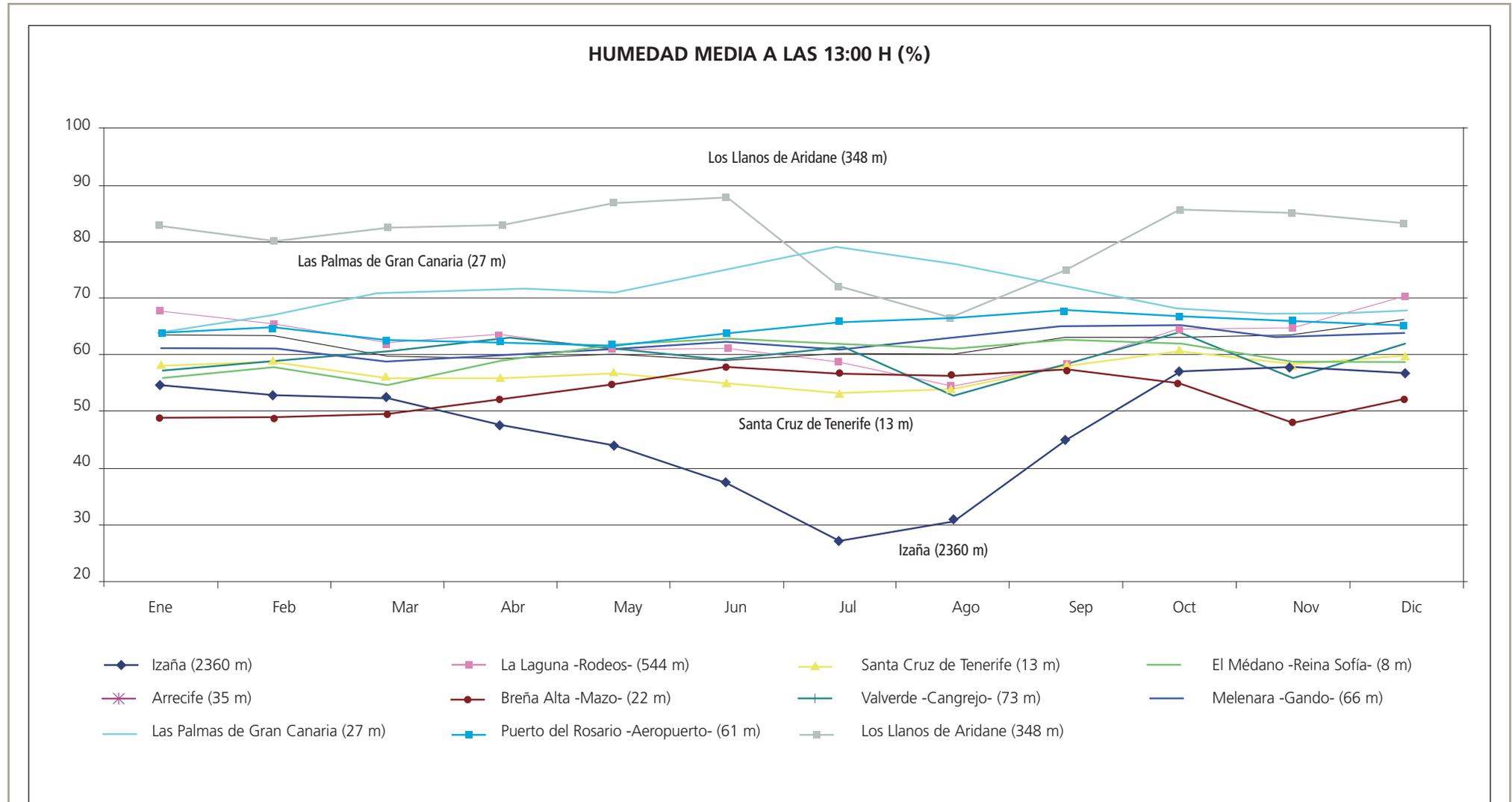


Figura 3.12. Variación mensual de los valores medios de la humedad a las 13 h, lo que se puede asociar a la media mensual de las mínimas diarias.

En la figura 3.12 se analiza la variación de la humedad a las 13 horas en el caso de estaciones situadas a diferente altitud, apreciándose que los valores más bajos se producen durante el verano en el caso de las estaciones localizadas a mayor altitud, debido a que desciende la capa de inversión y

se sitúa en la capa de aire seco, y porque aumenta la llegada de aire caliente seco, como sucede en Izaña; mientras que durante el periodo frío la variación aumenta considerablemente debido al ascenso de la capa de inversión y a la llegada de aire más húmedo.

Oscilación diaria de la humedad

La oscilación diaria de la humedad se ha estimado restando al valor de la humedad a las 7 h, la humedad a las 13 h.

En la figura 3.13 se representa la variación de la oscilación diaria de la humedad de estaciones situadas a diferente altitud y

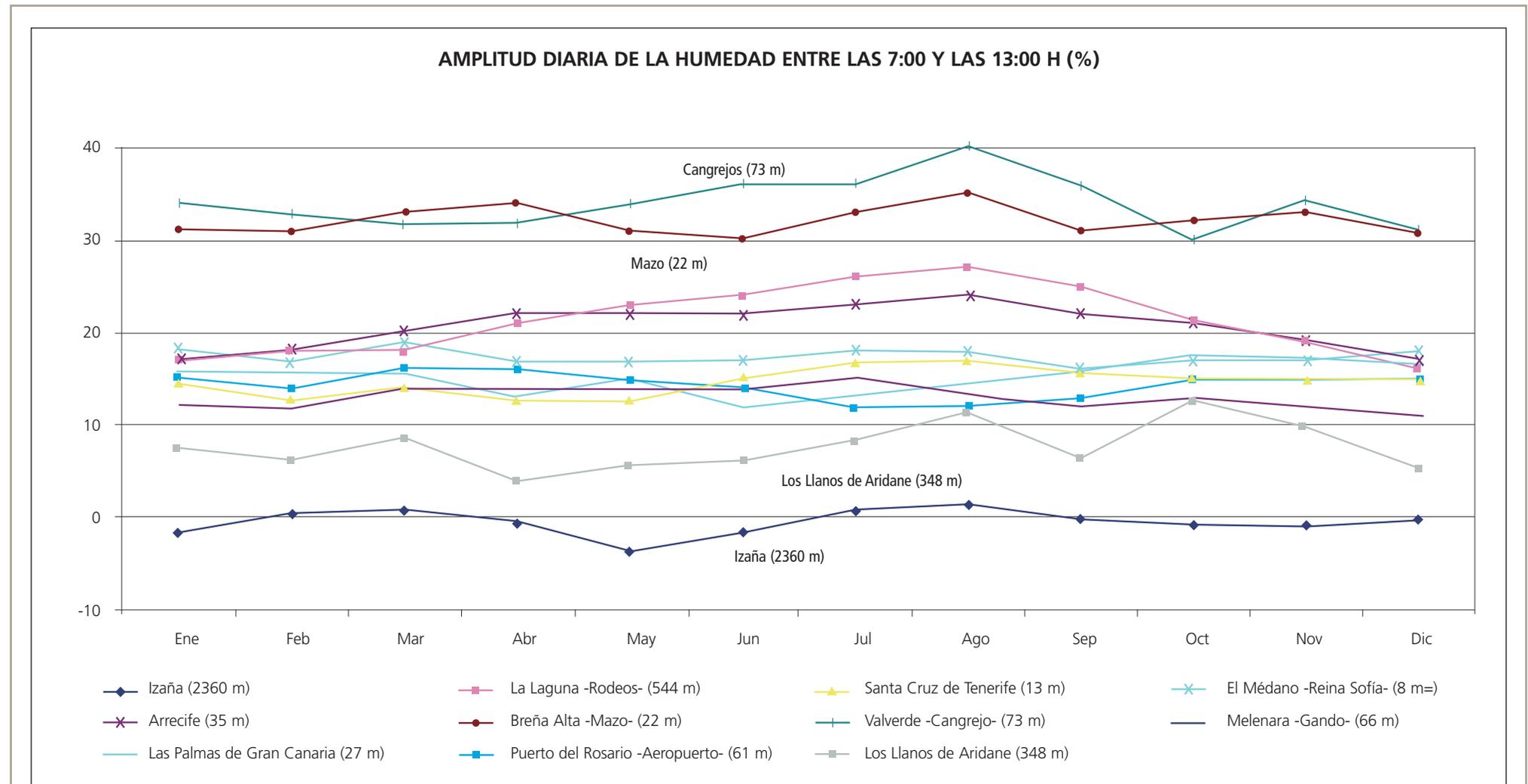


Figura 3.13. Variación mensual de la oscilación de la humedad en localidades situadas a diferente altitud y a diferente orientación respecto al alisio (barlovento, sotavento).

orientación. Se aprecia que las variaciones nuevas corresponden a Izaña y a los Llanos de Aridane debido a que en el primer caso las máximas y las mínimas son muy bajas, mientras que en el segundo caso son muy altas.

En general, las zonas situadas en la capa húmeda y a barlovento presentan una oscilación reducida de la humedad, produ-

ciendo las mayores oscilaciones las zonas que se sitúan por encima de la capa húmeda y que se encuentran a sotavento.

Al considerar la oscilación de la humedad en Izaña o en otras estaciones que quedan frecuentemente por encima del mar de nubes hay que interpretar los datos con cuidado debido a que algunas veces la humedad máxima no se produce a las 13 h, ni las mínimas a las 7 h.

Nubosidad y nieblas

La nubosidad se mide en décimas de cielo cubierto o mediante el número de días cubiertos.

En la figura 3.14 se describe la variación del número de días cubiertos a lo largo del año en el caso de estaciones situadas a diferente altitud, apreciándose en primer lugar que disminuye en

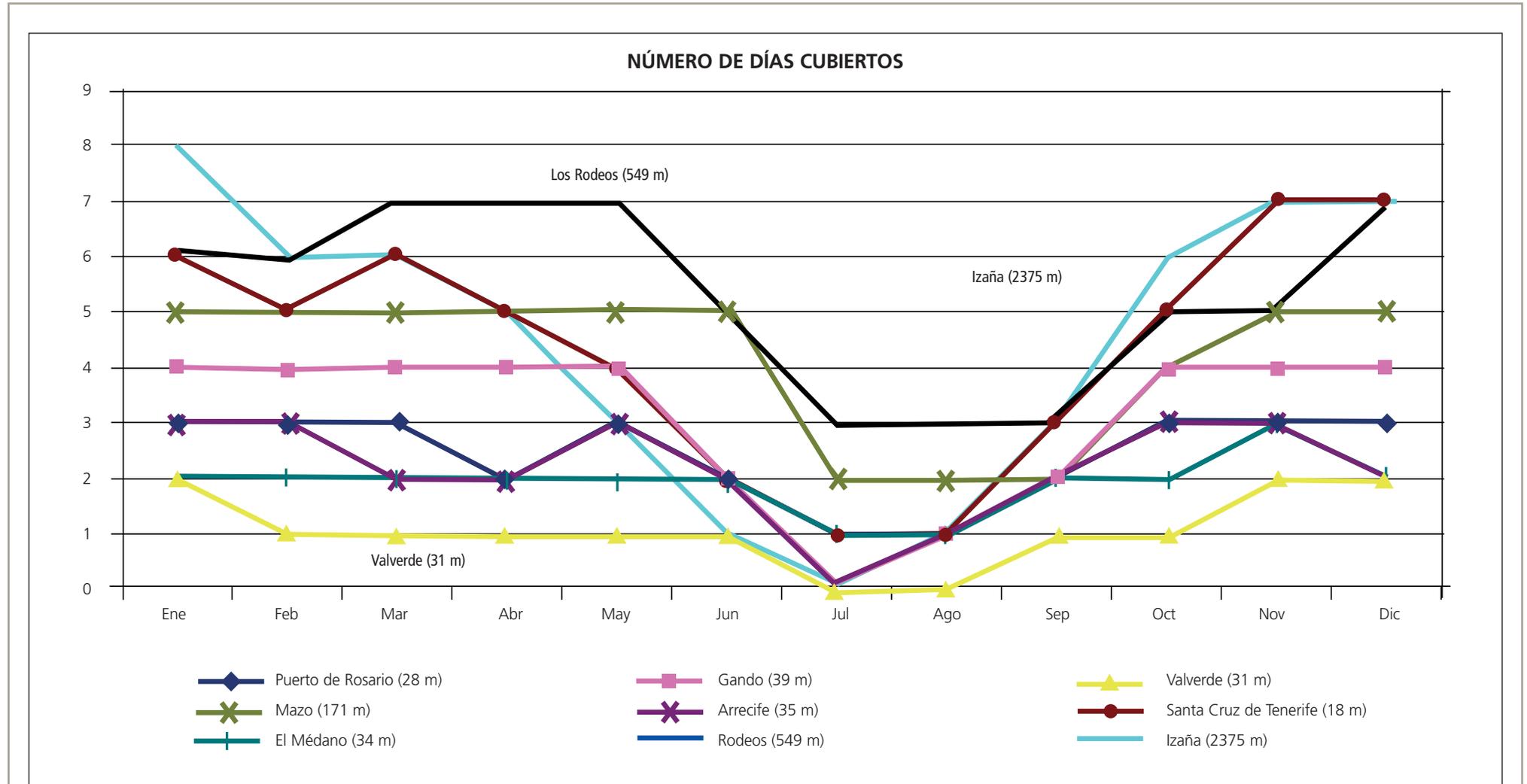


Figura 3.14. Número de días cubiertos en diferentes estaciones.

verano y que aumenta en invierno, en segundo lugar que la variación es diferente según que se sitúen por debajo o por encima del mar de nubes, y por último que también varía según que se consideren estaciones localizadas a barlovento o a sotavento.

En las zonas situadas por debajo de la inversión y a sotavento, el aire es más húmedo y la nubosidad más alta en verano que en invierno, como sucede en Las Palmas, llegando a aumentar el valor de la humedad relativa en casi 7 décimas en el mes de julio, algo que se repite en otros lugares expuestos al alisio como La Paz. Además, la nubosidad es mayor en invierno que en verano, alcanzando en Güímar y en Santa Cruz, en el mes de julio, 2 décimas y 1,5 décimas respectivamente.

En las zonas medias y a barlovento, la nubosidad aumenta con la altitud hasta los 1.500 m en las laderas expuestas al alisio, comenzando a disminuir a partir del límite inferior de la capa de inversión. Sin embargo, a sotavento del alisio, la nubosidad es muy reducida, siendo en verano de 1,5 décimas de cielo cubierto en Santa Cruz de Tenerife. Por otro lado, en las zonas altas la nubosidad es poco significativa.

Las "nieblas" representan nubes que se localizan a nivel del suelo producidos al enfriarse el suelo por la noche por irradiación nocturna y enfriarse secundariamente el aire próximo al suelo.

En las zonas costeras las nieblas son prácticamente inexistentes debido a que el agua templada la temperatura, excepto si la temperatura del agua es baja, como sucede en la costa africana por la corriente de Canarias, donde se producen nieblas frecuentemente. Hacia el interior sólo se producen nieblas de radiación a las primeras horas de la mañana unos diez días al año. En las zonas medias, a sotavento del alisio, se producen nieblas donde la superficie del terreno entra en contacto con el "mar de nubes", presentando La Laguna nieblas unos doce días al año, pudiendo ser de radiación o asociados a la superficie del mar de nubes.

A mayor altitud aumentan las nieblas de contacto, alcanzando en Izaña los 80 días al año. Sin embargo, en las zonas muy altas las nieblas son poco frecuentes. La nubosidad y las nieblas tienen gran influencia a la hora de evaluar la radiación y condicionar la precipitación aportada.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

Precipitación total

La precipitación representa la cantidad de agua que cae sobre el terreno en forma de lluvia, de nieve o de granizo. Se mide en litros por m² y en mm de precipitación, que constituyen medidas equivalentes.

En la figura 3.15 se ha cartografiado la variación de la precipitación media anual, presentando un patrón de variación claramente relacionado con la altitud, que varía desde los 100 mm de las zonas más secas a algo más de 750 mm en las regiones con mayor precipitación, si bien la relación no es lineal debido al efecto de la capa de inversión. Así, la precipitación aumenta con la altitud, pero sólo sucede así hasta cierta altura, por encima de la cual disminuye la precipitación.

Las islas con menor precipitación son las más bajas (Lanzarote y Fuerteventura) debido a que el efecto orográfico es reducido, mientras que las islas con mayor altura presentan valores de precipitación mayores. La isla con mayor precipitación media es La Palma y en segundo lugar Tenerife, mientras que el Hierro, pese a ser la más occidental, sólo ocupa el tercer lugar, debido a que se trata de una isla joven y su altitud es moderada. En esta línea, los valores más bajos corresponden a Fuerteventura y Lanzarote, que son las islas con una topografía más baja, debido en este caso a su antigüedad, que ha motivado la erosión de sus cumbres más altas. Por el contrario, los valores más altos corresponden a las islas con antigüedad intermedia, como Gran Canaria y Tenerife, que poseen la mayor altitud.

Un factor importante es la orientación. A este respecto, en la figura 3.16 se aprecia cómo, a sotavento, la precipitación aumenta linealmente con la altitud hasta aproximadamente los 1.600 m en que se sitúa la capa de inversión durante el invierno, descendiendo linealmente a partir de esta altitud, localizándose las zonas con mayor precipitación entre los 750 m y los 1.500 m. Por otro lado, en las laderas a sotavento del alisio las lluvias aumentan con la altitud a lo largo de todo el gradiente, pero la pendiente es menor.

La variación de las precipitaciones a lo largo del año depende también del tipo de tiempo. Durante la segunda mitad del otoño y la primera mitad del invierno la invasión de aire polar marítimo da lugar a importantes temporales condicionados por el relieve que, pese a su corta duración, contribuyen significativamente al aumento de la precipitación hasta el extremo de que si disminuye el número de temporales el año resulta seco. Sin embargo, las lluvias más copiosas se asocian a la llegada de masas de aire húmedo tropical de componente sur, que aunque son poco frecuentes, producen lluvias chubascosas intensas que pueden totalizar en unas horas cantidades equivalentes a las que se totalizan en un año, haciendo que varíe considerablemente la cantidad anual de lluvia a lo largo del año. En la producción de este tipo de precipitaciones la contribución del relieve no es poco significativa dado que el aire asciende en el seno de la perturbación aunque el relieve no sea propicio.

Las "tormentas" son poco frecuentes, entre dos y tres veces al año, produciéndose tres o cuatro al año. En general, los meses más tormentosos suelen ser noviembre y marzo. El "granizo" se produce cuando las gotas se hielan y se agregan formando campos sólidos de entre pocos milímetros y un centímetro, si bien en casos excepcionales el granizo puede alcanzar el tamaño de una avellana. Se trata de un fenómeno raro, pues sólo una de cada tres tormentas produce granizo.

Un componente importante en el régimen de lluvias de Canarias es su irregularidad. En las zonas más lluviosas la precipitación puede llegar a los 300 mm y en las localidades más secas a unos 150 mm. Por tal motivo, los valores de precipitación media en Lanzarote y Fuerteventura son poco significativos, pues la precipitación en los años lluviosos es muy superior a la media y en los años secos es muy inferior a la media.

El "número de días de lluvia" representa el número de días en los cuales la precipitación que recoge el pluviómetro es igual o mayor de una décima de milímetro, una cantidad muy pequeña que apenas contribuye al cómputo de la precipitación. En las zonas más lluviosas, el número de días varía entre 50 y 60 días, mientras que en las zonas secas varía entre 20 y 30 días.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL

Islas Canarias

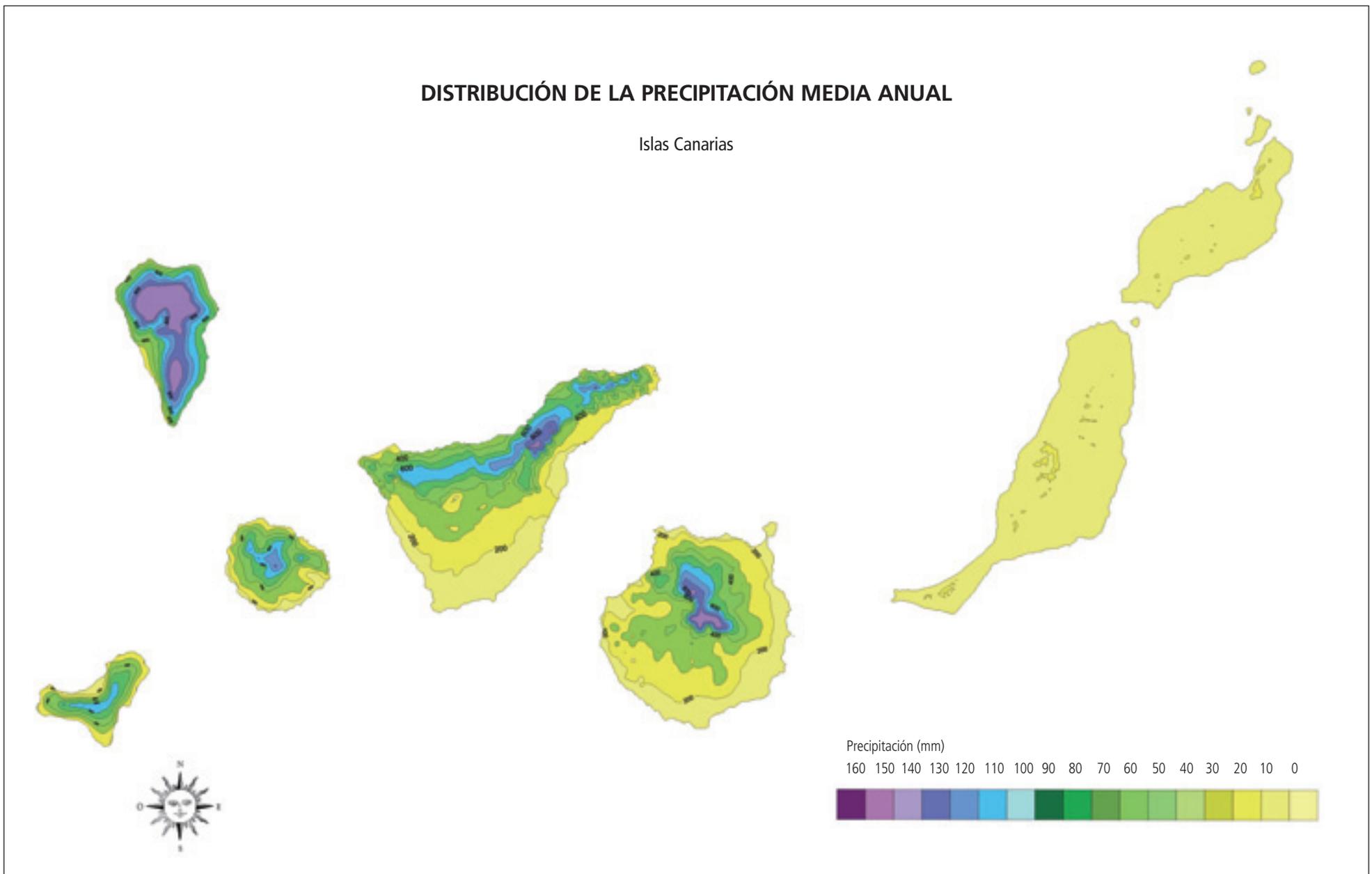


Figura 3.15. Distribución de la precipitación media anual en Canarias. Las islas más altas son las más húmedas (Tenerife, La Palma y Gran Canaria) mientras que las más bajas son las más áridas (Fuerteventura y Lanzarote).

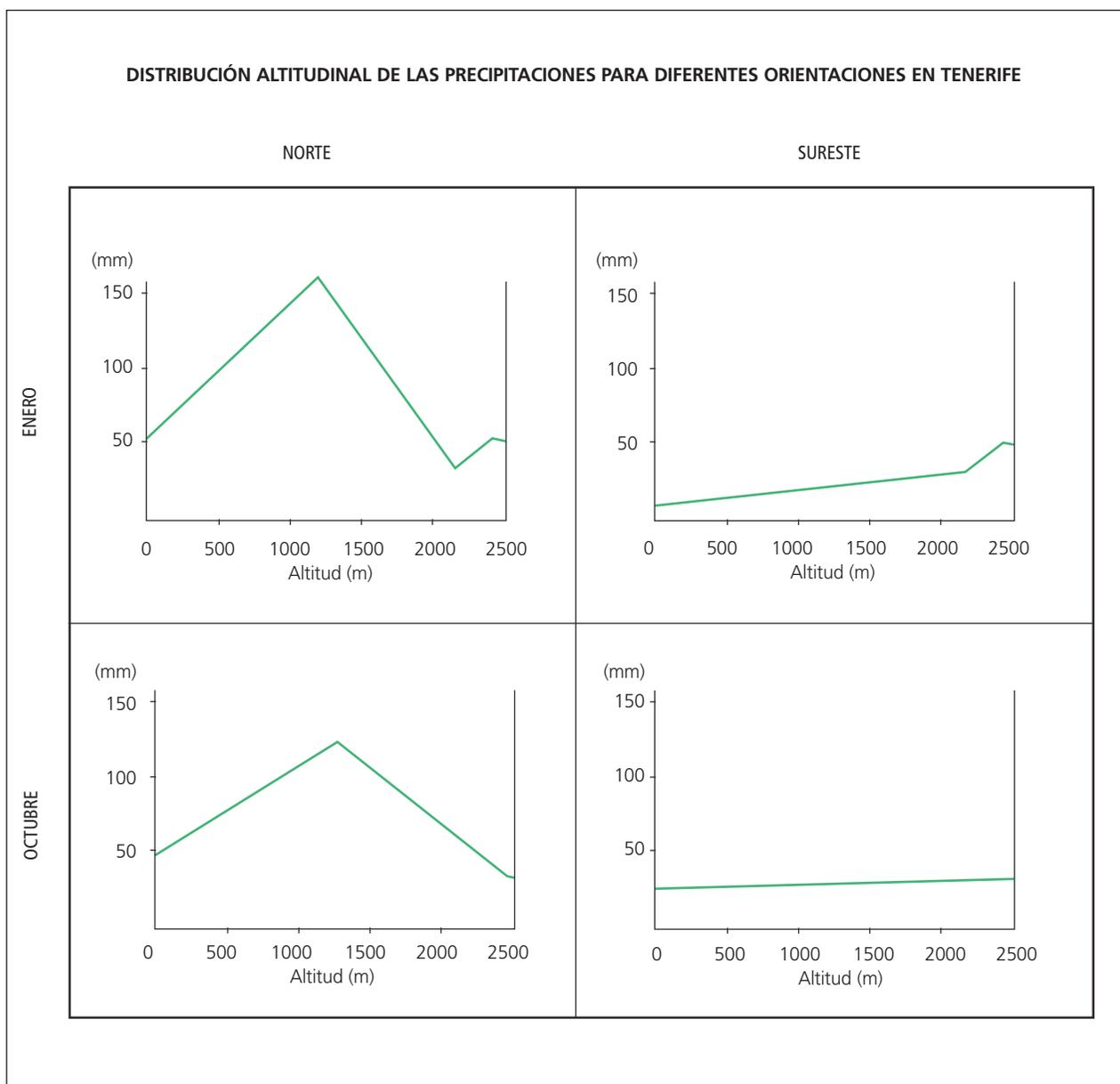


Figura 3.16. Variación de la precipitación con la altitud para diferentes orientaciones en Tenerife.

Los "días de nieve" contabilizan los días en los que la nieve llega a cuajar. Esto se produce de forma esporádica por encima de los 1.200 m, aumentando por encima de los 1.700 m. En Izaña nieva once días al año, pudiendo producirse nevadas de más de un metro de espesor que duran varios días; en Las Cañadas el suelo puede permanecer cubierto de nieve quince días al año, y a mayor altitud, en el Pico del Teide, la nieve puede permanecer varias semanas en lugares muy resguardados.

Otros componentes de la precipitación

La cantidad de humedad que recoge el suelo no depende sólo del agua de lluvia, nieve y granizo sino que intervienen otros fenómenos que incrementan el agua recibida por el suelo debido al efecto de las nieblas goteantes, el rocío, la escarcha y las "cencelladas" o nieblas heladas.

Las "nieblas goteantes" se conocen también como "precipitaciones horizontales" y se producen cuando un flujo continuo de aire con nieblas, asociado frecuentemente al "mar de nubes" que se forma en las zonas de medianías, entra en contacto con vegetación de pinos o de laurisilva, propiciando que las gotas de agua se deposite sobre las hojas u otro elemento interceptor, motivando que en áreas locales la cantidad de agua que recibe el suelo sea 20 veces superior a la proporcionada por la lluvia, constituyendo un suministro extra de agua que permite el desarrollo de grandes masas de vegetación como sucede en Aguamansa, Madre del Agua, Pino del Agua, y en el "árbol santo" o "Garóé", mientras que en otras áreas la cantidad de precipitación por este fenómeno sólo se triplica en función de la velocidad de los vientos que acarrear las nubes y de la continuidad del flujo de aire húmedo.

El "rocío" se produce cuando la humedad del aire entra en contacto con una superficie fría, particularmente durante las noches serenas al enfriarse la superficie del terreno por irradiación hasta alcanzarse el punto de rocío, motivando que la humedad se condense el vapor de agua y que se formen gotitas de agua que se depositan sobre la superficie. En general, el rocío es raro en Canarias debido a la escasa frecuencia de periodos de calma en lugares abiertos, aunque en zonas más húmedas como

Los Rodeos pueden producirse entre 5 y 20 días al año. Un tipo particular de rocío es el “rocío interno” que se produce en los cultivos “enarenados” (gravilla volcánica de color negro y estructura granular) cuando el viento húmedo penetra en el suelo por la noche, y éste está frío por radiación, motivando que la humedad del aire se condense en el suelo. En tales circunstancias, si el aporte de humedad se renueva con nuevas aportaciones debido a vientos húmedos, el agua depositada aumenta considerablemente la cantidad disponible para las plantas que se cultiva en los enarenados, lo que unido a que el enarenado reduce la evaporación del agua, posibilita que puedan darse cultivos en lugares con escasa precipitación que no podrían existir en otras condiciones como sucede en Lanzarote, donde además de enarenados se cultiva sobre picón y sobre coladas que aprovechan procesos similares a los descritos que permiten cultivar zonas con escasas precipitaciones.

Las nieblas heladas o “cencellada” corresponden a nieblas que alcanzan una temperatura inferior a cero (estado de subfusión) y al chocar con la vegetación forman gotitas de hielo que se depositan en las plantas, adquiriendo éstas un aspecto especial al aparecer rodeadas de una capa de filamentos de hielo; fenómeno que se produce con cierta frecuencia en las cumbres y que se pueden apreciar fácilmente en Las Cañadas (Tenerife).

VARIACIÓN DEL VIENTO

Vientos generales

El viento representa un fenómeno meteorológico caracterizado por el aire en movimiento que se evalúa determinando su dirección mediante una rosa de viento y su velocidad en metros por segundo (m/s), datos a partir de los cuales se pueden elaborar diferentes diagramas que recogen la frecuencia con la que se dan vientos de determinada componente y velocidad.

La distribución de la dirección y velocidad del viento es un fenómeno muy variable que depende del tipo de tiempo (situación sinóptica), de la altitud y de la fisiografía del lugar ya que los accidentes topográficos puede hacer que el viento varíe en pocos metros, condicionando la escala de distribución

del viento. A este respecto se diferencia entre vientos generales, vientos sectoriales y vientos locales.

Los vientos generales dependen de la situación sinóptica y afecta a varias localidades, estando condicionados por las situaciones sinópticas que se suceden a lo largo del tiempo.

En general, los vientos generales más frecuentes en Canarias son los alisios. Estos presentan por debajo de los 1500 m un componente dominante del NE, mientras que un poco más por encima presenta componente NW, como sucede en Izaña y más por encima domina el componente SW (figura 3.17).

Otros vientos generales son los vientos del oeste ligados a las borrascas atlánticas, que se producen particularmente duran-

te el invierno y la primavera. Sin embargo, durante el verano los vientos característicos tienen componente sur, ligados al tiempo sur, que traen aire cálido y polvo del continente africano y que generan situaciones de “calima” con baja visibilidad y fuerte inversión térmica.

Los vientos generales pueden verse modificados por la topografía del terreno. En el caso de Los Rodeos (Tenerife) la topografía del territorio circundante en forma de silla de montar canaliza el flujo del aire confiriendo al alisio un particular componente del NW.

La velocidad media del viento es mayor en verano que en invierno debido a la constancia de los alisios, pudiendo darse

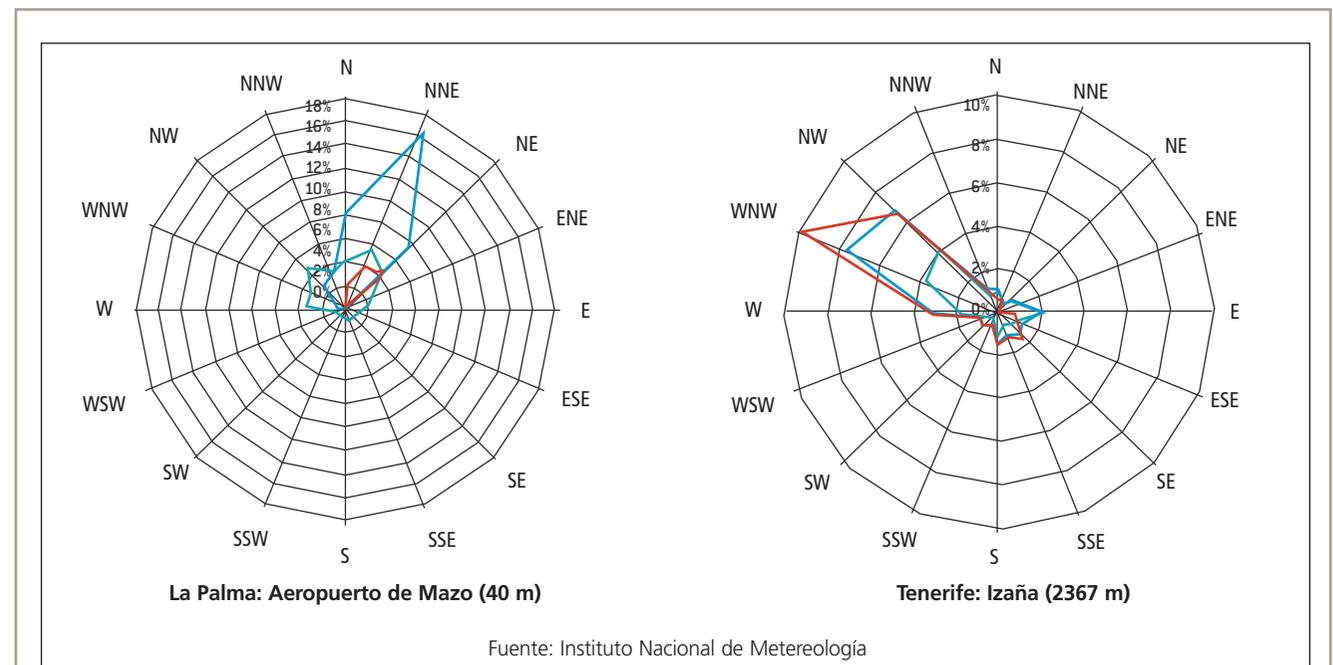


Figura 3.17. Distribución de la dirección y velocidad del viento en dos estaciones situadas a diferente altitud. En general, en la capa por debajo de la inversión la dirección general de los alisios es NE. Según aumenta la altitud predominan los vientos de componente NW. En algunos casos se producen efectos locales asociados a topografías del territorio. Fuente: Instituto Nacional de Meteorología.

situaciones puntuales en las cuales la velocidad supera los 100 km/h (figura 3.18).

Vientos sectoriales y locales

Los vientos locales se producen cuando la dirección de los vientos generales se ve alterada por la topografía (vientos secto-

riales) o por otros accidentes de menor magnitud como edificaciones.

Entre los recursos locales se tienen los vientos sectoriales de mar a tierra y los vientos de tierra a mar que, en general, siguen la dirección de los valles de forma ascendente o descendente, y que se producen como consecuencia del calentamiento diferen-

ciado del mar y de la tierra a lo largo del día. Por las noches el mar suele estar más cálido que las zonas terrestres, motivando que se produzcan brisas marinas que soplen desde Tierra, mientras que durante el día la superficie terrestre está más caliente y se producen brisas que van del mar a la tierra contribuyendo a refrigerar la temperatura del interior.

Otro tipo de vientos sectoriales son los vientos catabáticos descendentes, que pueden ser fríos o cálidos. Los primeros se producen como consecuencia del enfriamiento de la superficie del suelo por la noche durante los días despejados. Así, en la Caldera de Taburiente el aire frío superficial que se forma por las noches debido a la irradiación terrestre nocturna discurre por las laderas y se acumula en el barranco de las Angustias desde

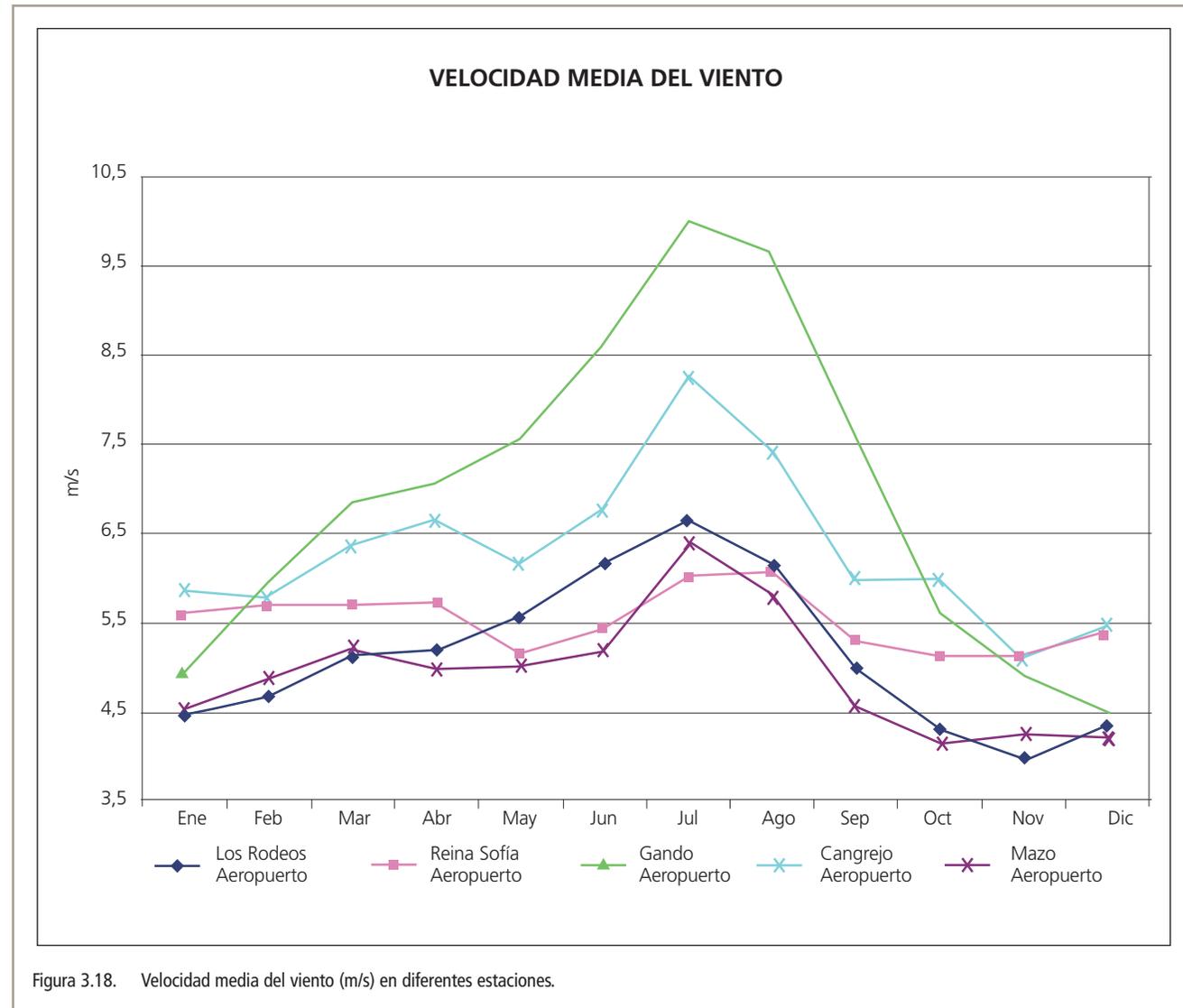


Figura 3.18. Velocidad media del viento (m/s) en diferentes estaciones.

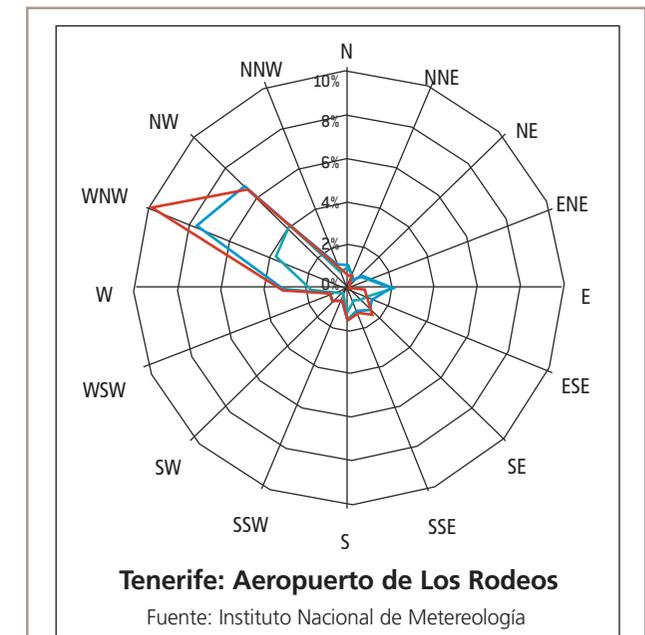


Figura 3.19. Rosa de los Vientos del Aeropuerto de Los Rodeos en La Laguna. La frecuencia de los vientos de componente NW que se debe a la topografía que se localiza La Laguna, que tiene forma de silla de montar.

donde se canaliza al el Valle de Aridane, motivando que en éste disminuya la temperatura más de lo esperado en función de su altitud y proximidad al mar (figura 3.20).

Los vientos catabáticos cálidos se producen a sotavento del alisio, cuando el alisio, que se ha visto obligado a ascender a lo largo de una ladera, enfriándose, perdiendo humedad absoluta y aumentando la humedad relativa, sobrepasa la cumbre y comienza a descender, calentándose y disminuyendo la humedad relativa, dando lugar a un viento cálido y seco que afecta las localidades situadas a barlovento, como Santa Cruz de Tenerife,

que se ve afectada por el viento cálido que desciende desde La Laguna de componente norte debido a que es canalizado por las borrascas (figura 3.21).

RADIACIÓN SOLAR

Componentes de la radiación

La radiación representa la energía electromagnética procedente del sol que llega a la superficie terrestre de un territorio. Depende cualitativa y cuantitativamente de la constante

solar, de la composición de la atmósfera que atraviesa y de la latitud geográfica. Para caracterizar la radiación conviene diferenciar sus componentes: radiación directa y radiación difusa.

- Radiación directa: radiación solar recibida directamente del sol sin que haya sido difractada por la atmósfera.
- Radiación difusa: radiación solar recibida indirectamente del sol, después de que su dirección haya sido cambiada debido a los procesos de reflexión y refracción que ocurren en la atmósfera.



Figura 3.20. Viento catabático frío que baja por el barranco de las Angustias en La Palma y hacer que bajen las temperaturas más de lo que conviene esperar en función de la altitud en diversas zonas del municipio de Los Llanos de Aridane. Valle de Aridane.

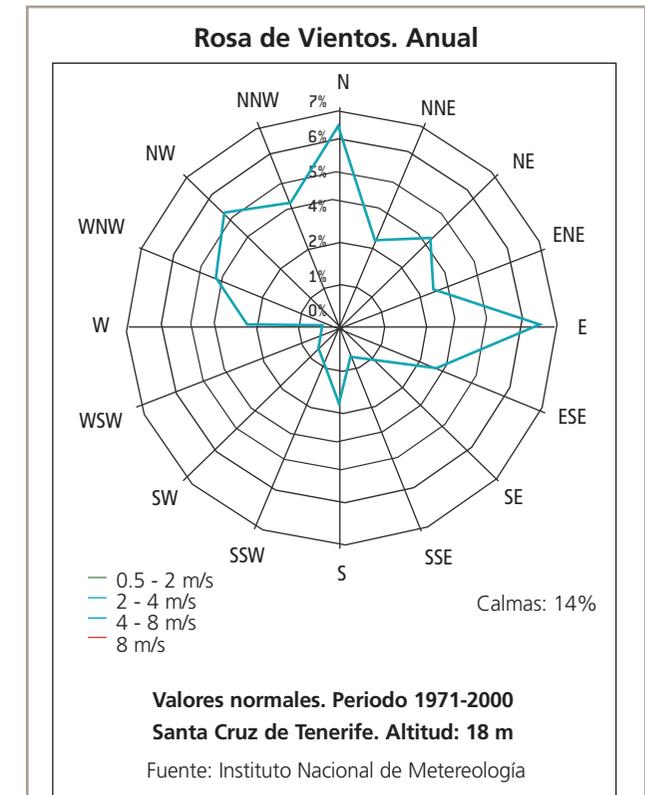


Figura 3.21. En Santa Cruz predomina viento de componente norte debido a que recibe los vientos catabáticos cálidos que se canalizan hacia el sur desde La Laguna.

La radiación total que recibe una superficie es la suma de la radiación directa y la difusa que inciden sobre una superficie.

Medidas de la radiación

La irradiancia solar representa la potencia instantánea incidente por unidad de superficie de la radiación electromagnética que procede del Sol y se mide en unidades del sistema internacional (S.I.) en W/m^2 . La irradiación representa la energía solar recibida medida en Vatios-hora por metro cuadrado (Wh/m^2), siendo resultado de integrar el valor de la irradiancia promediado en un día (figura 3.22).

Variación de la radiación

La constante solar es la energía procedente del Sol por unidad de tiempo que se recibe sobre una superficie unitaria perpendicular a la dirección de propagación de la radiación, ubicada a $1,495 \times 10^{11}$ m del Sol (distancia media Sol-Tierra) y que estuviera localizada fuera de la atmósfera terrestre. El World Radiation Center (WRC) establece que su valor es $1367 W/m^2$.

Al atravesar la atmósfera terrestre la radiación solar disminuye debido a los procesos de absorción y reflexión producidos al incidir sobre las moléculas de elementos presentes en la atmósfera. La cantidad de moléculas de agua, ozono y CO_2 , las nubes, la latitud geográfica, la inclinación del terreno y la presencia de obstáculos geográficos determina finalmente la radiación solar recibida sobre un determinado emplazamiento.

En Canarias ejerce gran influencia el mar de nubes que, a su vez, está relacionado con la orientación a barlovento y sotavento del alisio, con la altitud y con la altura de la capa de inversión.

Los valores más altos de irradiación se obtienen en verano en las estaciones poco afectadas por la nubosidad, como Izaña y el aeropuerto Reina Sofía (figura 3.23).

Las zonas afectadas por el mar de nubes presentan valores de radiación reducidos como sucede en el caso de las estaciones situadas en Los Rodeos (figura 3.24).

El número de días de sol puede utilizarse para estimar la irradiación, dado que presenta un patrón de variación equivalente y que depende, como la irradiación, de la nubosidad y de la topografía.

El número de horas de sol es elevado en las estaciones orientadas al sur y que no están afectadas por el mar de nubes. Varía con la altitud, siendo más significativo el efecto de la nubosidad que el efecto del espesor de la atmósfera.

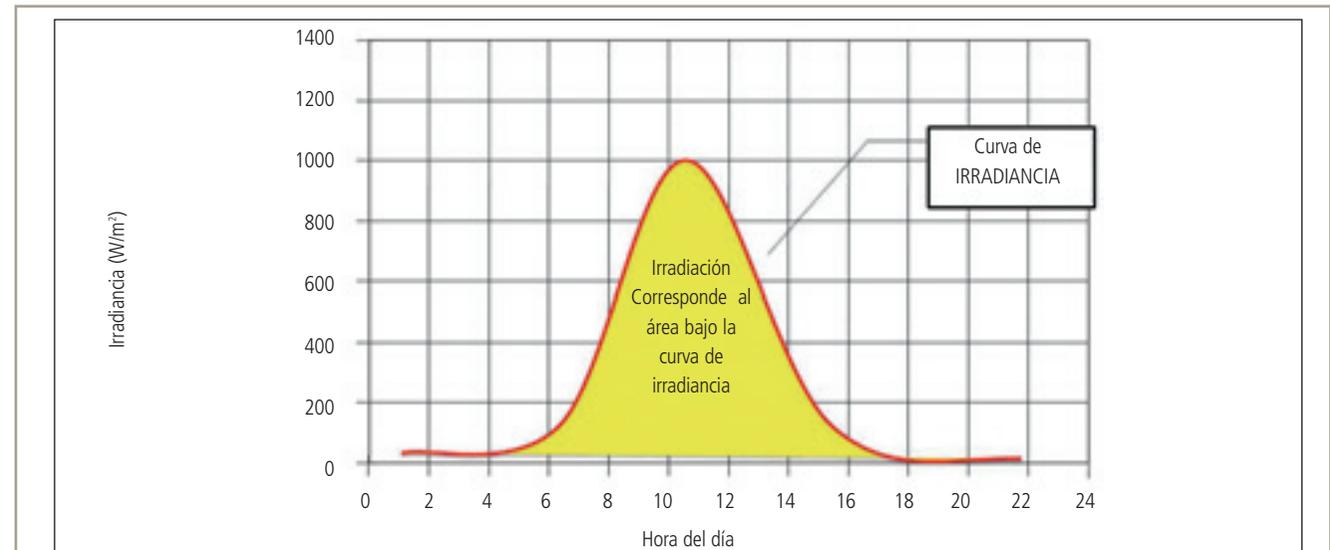


Figura 3.23. Diferencia entre los conceptos de radiación y de irradiación. La irradiación corresponde a la integral de la variación de la irradiancia a lo largo del día. Promediando los valores diarios se puede obtener la irradiación media mensual.

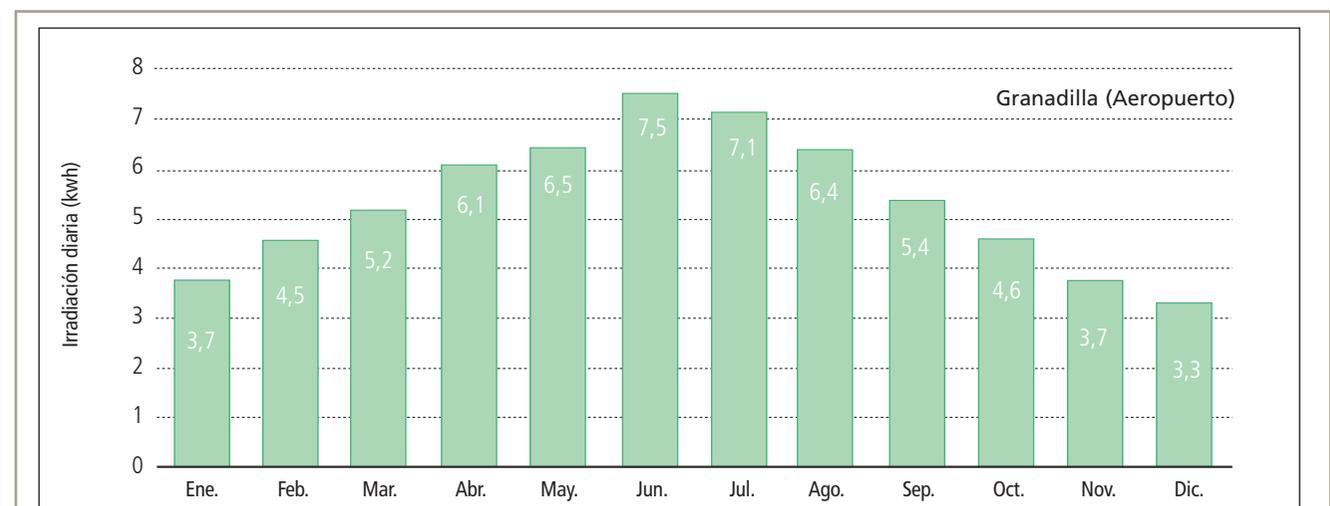


Figura 3.24. Irradiación en el aeropuerto de Reina Sofía. Granadilla, Tenerife.

En la figura 3.25 se ofrece la variación de las horas de sol a lo largo del año de una serie de estaciones con diferente altitud y orientación, apreciando como los valores más altos corresponden a estaciones situadas a gran altitud, seguidas de las estaciones bajas orientadas al sur, de las estaciones bajas orientadas al norte y, por último, con los valores más bajos, de las estaciones afectadas por el "mar de nubes" inicialmente localizadas a barlovento del alisio y a la altitud en que se forma el mar de nubes, donde la insolación es reducida.

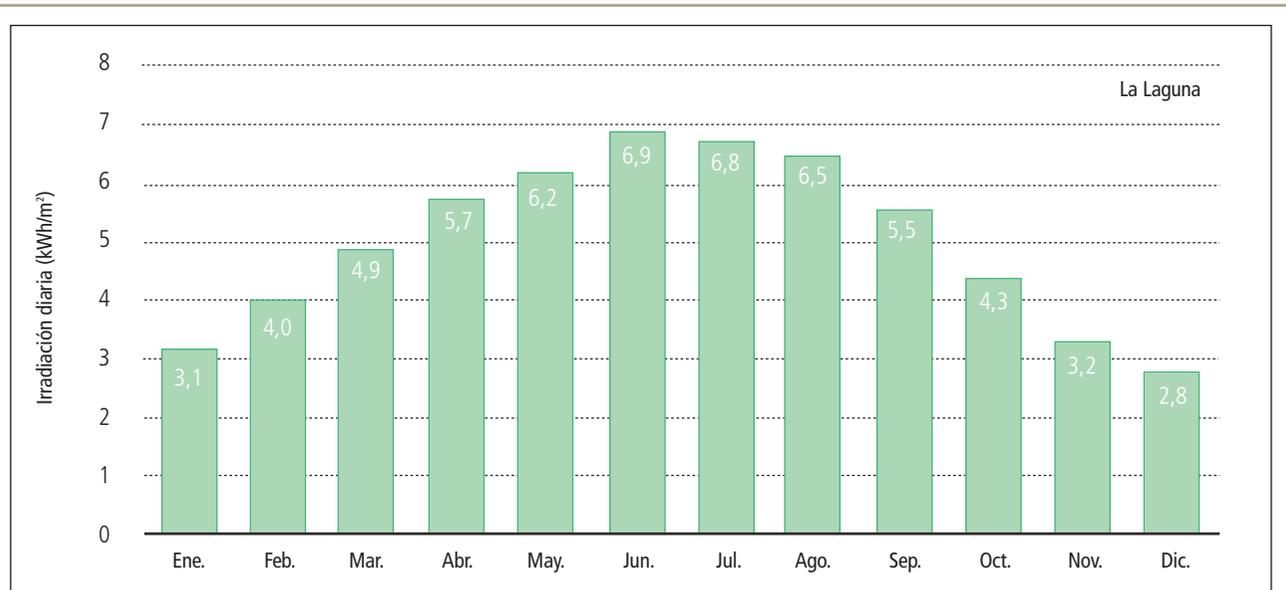


Figura 3.24. Irradiación, en el aeropuerto de Los Rodeos. La Laguna, Tenerife.

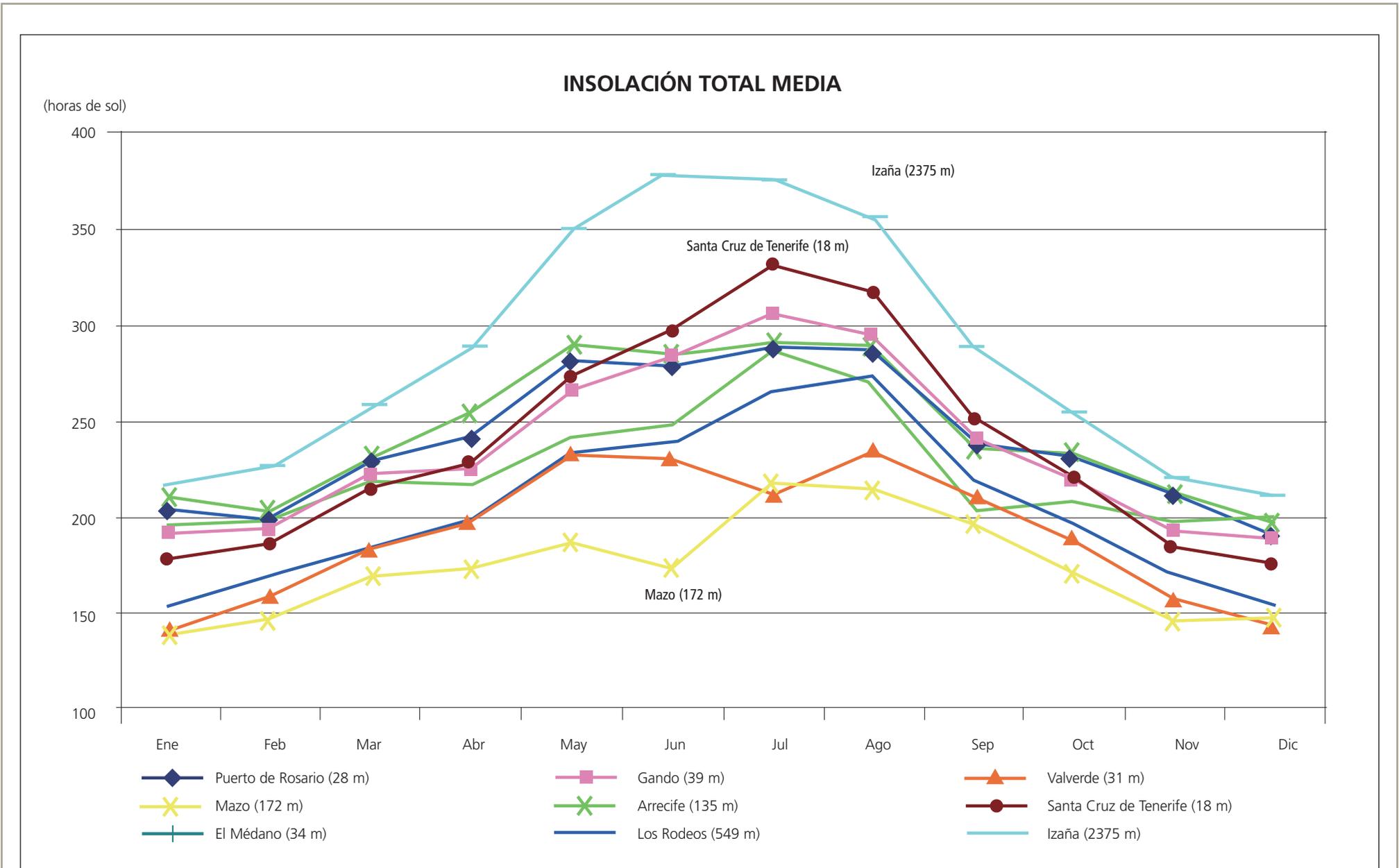


Figura 3.26. Variación de la insolación a lo largo del año en estaciones situadas a diferente altitud.

4. ISLAS OCCIDENTALES

J.P. de Nicolás Sevillano, P. A. Báez Díaz, A. García Rodríguez

EL HIERRO

Se describen a continuación las condiciones climáticas que comparten las Islas Occidentales (El Hierro, La Gomera, La Palma y Tenerife) como consecuencia de su mayor distancia al continente y a la corriente fría de Canarias; se relacionan las características climáticas de cada isla atribuibles a las particularidades de su perfil altitudinal (más o menos elevado) y de la morfología de su planta (alargada o redonda), y se proporcionan los valores de las temperaturas y de las humedades máximas y mínimas, de dirección y velocidad del viento y de radiación empleados para elaborar los climodiagramas de Olgay y de Givoni de estaciones representativas de cada una de las islas, que se utilizan en la segunda parte del manual.

PARTICULARIDADES Y LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES

El Hierro es la isla más meridional y más occidental de Canarias, se encuentra inmersa en el océano Atlántico y se ve fuertemente afectada por las borrascas atlánticas. Además, la considerable distancia a la corriente de Canarias evita que el Hierro se vea afectada por su agua fría, por lo que la temperatura de las mínimas diarias en la costa es mayor que en otras islas de Canarias. Sin embargo, la mayor distancia al continente africano no libra al Hierro del polvo del Sahara, pudiendo verse tan afectada como Fuerteventura y Lanzarote que, al encontrarse junto al continente africano donde la capa de aire húmedo es más persistente, ésta les protege de la nube de polvo que muchas veces pasa por encima.

La considerable proporción entre su altitud (1500 m) y su tamaño (290 km²) se traduce en imponentes acantilados costeros (figura 4.1) que obliga al aire fresco y húmedo del alisio a

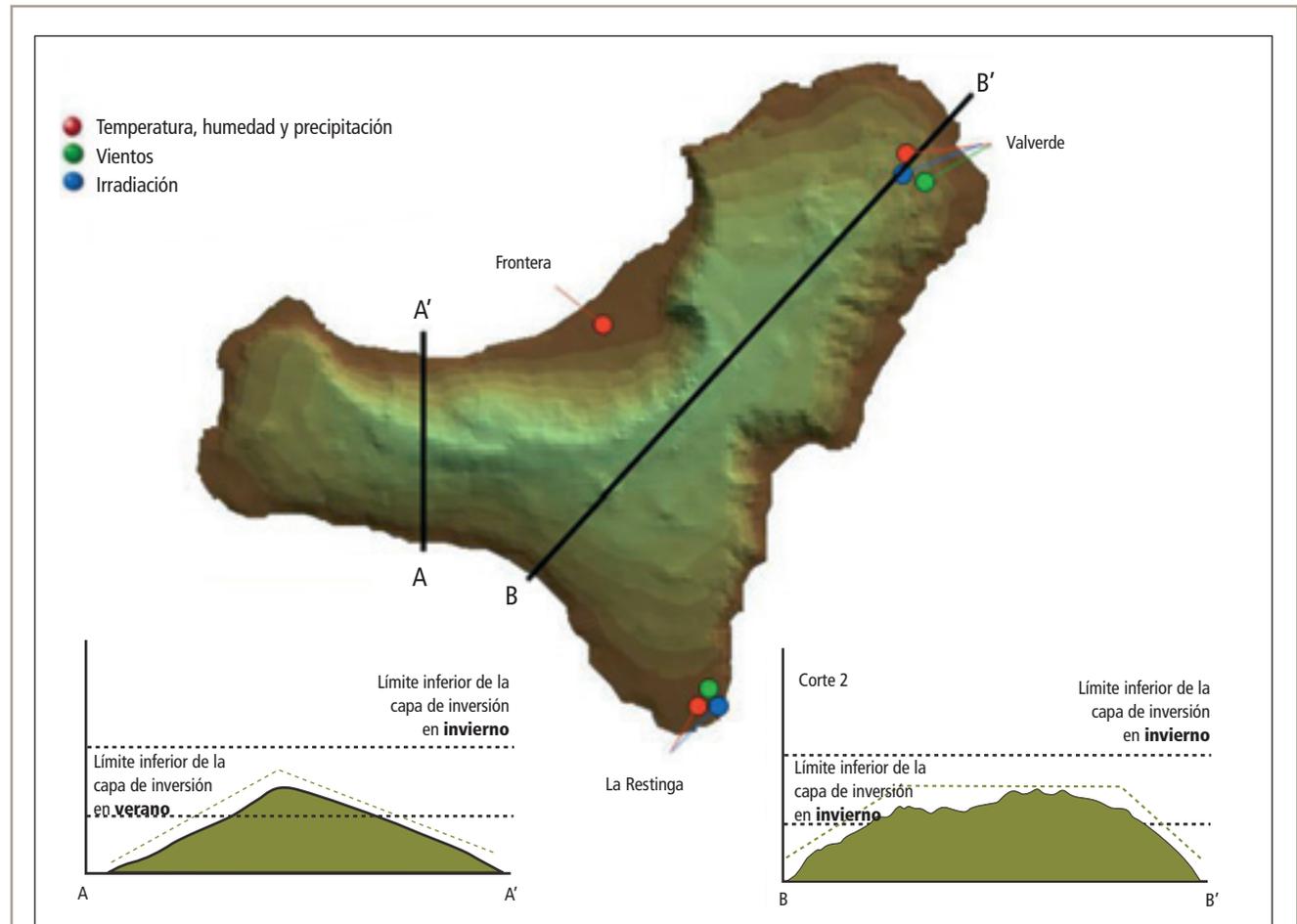


Figura 4.1. Fisiografía general y localización de las estaciones de El Hierro. El hecho de que las cumbres alcancen el límite superior de la capa de inversión en verano posibilita que se forme el mar de nubes y que existan áreas con vegetación de monte verde.

ascender rápidamente por las laderas de barlovento, enfriándose y aumentando la humedad relativa, formándose el “mar de nubes” cuando la temperatura desciende lo suficiente para alcanzar el punto de rocío, que se extiende entre aproximadamente los 600 m y el límite inferior de la capa de inversión.

El mar de nubes confiere humedad a las zonas en contacto, a la vez que protege de la radiación a las zonas situadas por debajo, aspecto clave en verano cuando es mayor el estrés hídrico que sufre la vegetación, posibilitando que se desarrollen sabinas húmedas y vegetación de fayal y brezal en las zonas a bar-

lovento localizadas entre el punto de rocío y el límite inferior de la inversión térmica. Además, cuando en esta zona existe un barranco orientado a barlovento que canalice el aire del aliso, se genera un flujo continuo y rápido de aire húmedo que intensifica el fenómeno de la “lluvia horizontal” y un solo árbol situado

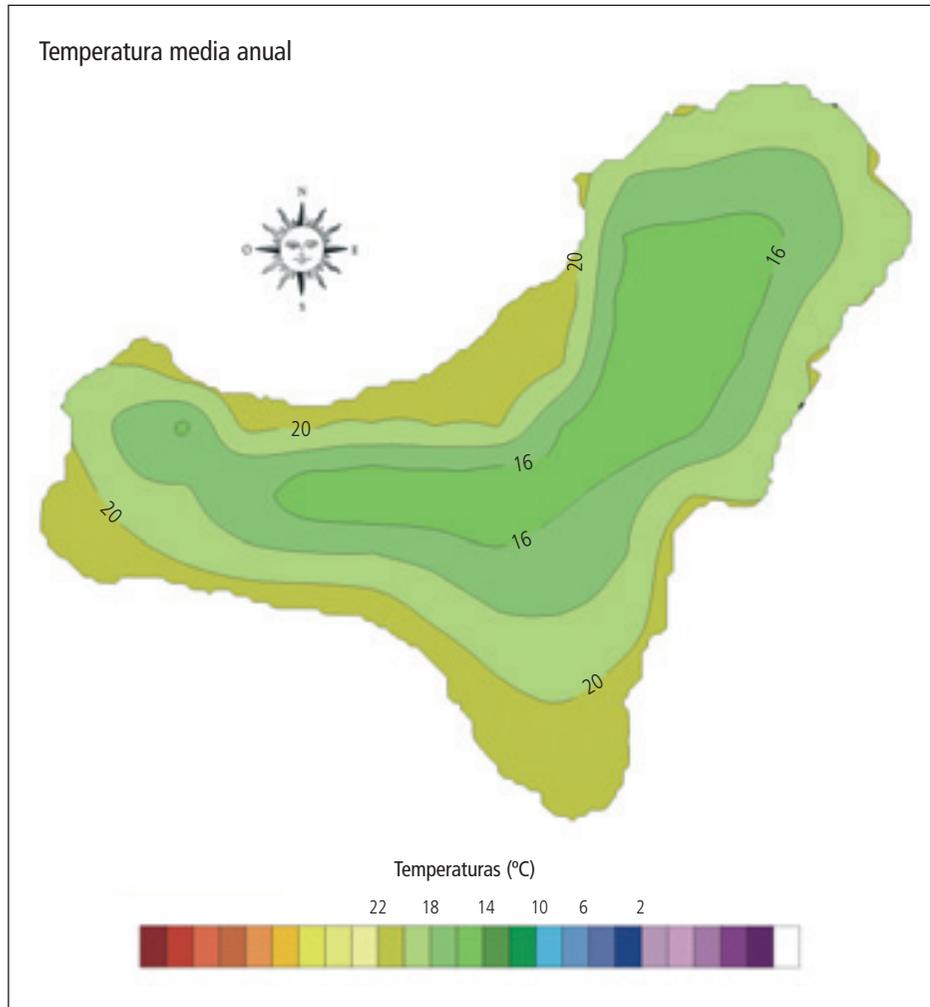


Figura 4.2. Temperatura media anual. La temperatura no alcanza valores tan bajos como en las islas más altas.

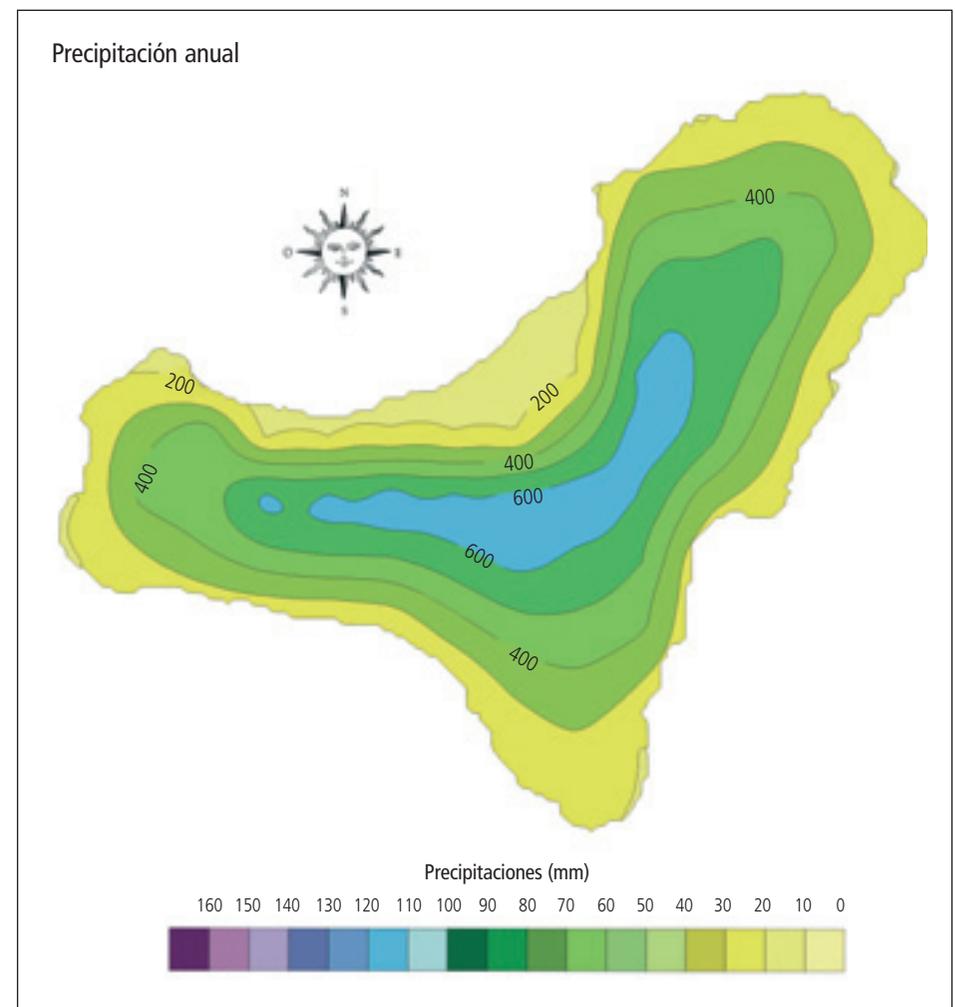


Figura 4.3. Precipitación media anual. Los valores máximos de precipitación (600 mm) se aproximan al máximo de 800 mm que se alcanzan en otras islas más elevadas.

Elaboración propia a partir de datos del INM

en la cabecera del barranco puede captar el agua necesaria para la población y el ganado, como se cuenta del Garoé o “árbol sagrado” de El Hierro.

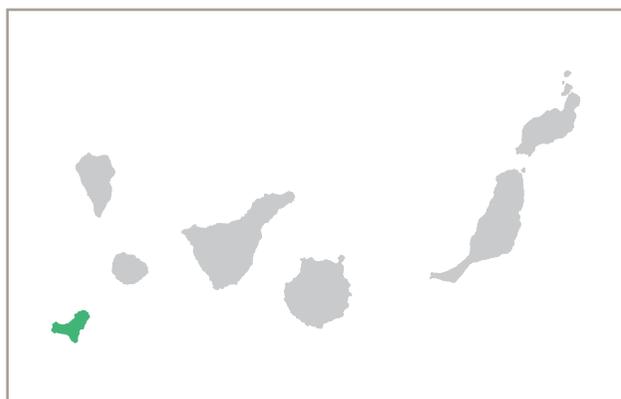
TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN

Debido a la moderada altitud máxima de El Hierro, no se dan temperaturas demasiado bajas (figura 4.2).

Pero pese a que la altitud es media, la precipitación puede alcanzar valores de 600 mm casi tan elevados como los que se logran en otras islas considerablemente más altas (figura 4.3).

Los valores más altos de humedad máximas diarias se dan en Valverde (tabla 4.1) debido a su orientación a barlovento y a situarse a una altitud de 590 m próxima a la altitud del punto de rocío.

Sin embargo, los valores más altos de humedad mínima diaria se alcanzan en La Restinga (tabla 4.2) debido a su proximidad al mar y su apertura a los alisios.



TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

VALVERDE		Coordenadas UTM (m): 212.900 - 3.079.950; Altitud 590 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	15,9	16,3	17,3	17,5	18,9	20,6	21,3	22,3	22,6	21,0	19,1	17,1	19,1
	Media mín. diaria	11,7	11,9	12,5	12,4	13,0	14,8	15,7	16,7	17,4	16,1	14,6	13,1	14,2
	Media mensual	14,0	14,3	15,1	15,0	16,4	17,5	18,5	19,5	20,3	19,3	17,2	15,8	16,9
	Media oscilación diaria	4,2	4,3	4,9	5,0	5,9	5,8	5,6	5,6	5,2	4,9	4,5	4,0	5,0
Humedad (%)	Media máx. diaria	91,0	92,0	92,0	95,0	95,0	96,0	97,0	93,0	95,0	94,0	90,0	93,0	93,6
	Media mín. diaria	57,0	59,0	60,0	63,0	61,0	60,0	61,0	53,0	59,0	64,0	56,0	62,0	59,6
	Media mensual	74,0	75,5	76,0	79,0	78,0	78,0	79,0	73,0	77,0	79,0	73,0	77,5	76,6
	Media oscilación diaria	34,0	33,0	32,0	32,0	34,0	36,0	36,0	40,0	36,0	30,0	34,0	31,0	34,0
Precipitación (mm)	Media mensual	65,6	57,0	37,4	21,4	8,3	4,2	5,3	4,4	9,3	36,3	67,0	66,0	396,0

Tabla 4.1. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Valverde. Elaboración propia a partir de datos del INM.

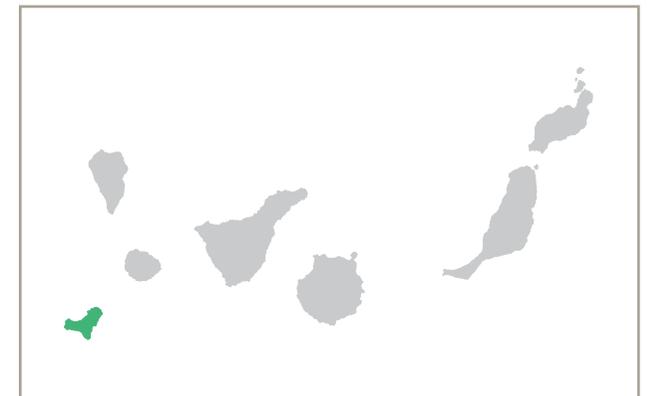
LA RESTINGA		Coordenadas UTM (m): 205.800 - 3.061.150; Altitud 38 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	22,1	22,4	23,3	23,6	24,6	26,1	26,8	27,9	28,2	27,2	25,0	23,2	25,0
	Media mín. diaria	15,8	15,6	15,9	16,4	17,2	18,7	19,8	20,9	21,6	20,4	18,8	17,3	18,2
	Media mensual	18,8	18,8	19,5	19,9	20,8	22,7	23,6	24,3	24,7	23,6	21,9	20,2	21,6
	Media oscilación diaria	6,3	6,8	7,3	7,1	7,4	7,3	7,0	7,0	6,6	6,8	6,1	5,9	6,8
Humedad (%)	Media máx. diaria	78,0	79,0	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0	82,0	82,0	81,0	78,0	79,0	79,9
	Media mín. diaria	63,0	65,0	63,0	64,0	66,0	67,0	67,0	67,0	68,0	67,0	64,0	65,0	65,5
	Media mensual	70,5	72,0	70,5	71,5	73,0	74,0	74,5	74,5	75,0	74,0	71,0	72,0	72,7
	Media oscilación diaria	15,0	14,0	15,0	15,0	14,0	14,0	15,0	15,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,4
Precipitación (mm)	Media mensual	38,2	34,5	21,0	8,8	2,0	0,4	1,8	1,1	3,9	21,6	41,0	31,8	209,6

Tabla 4.2. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de La Restinga. Elaboración propia a partir de datos del INM.

TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

FRONTERA		Coordenadas UTM (m): 202.950 - 3.074.500; Altitud 38 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	21,4	21,7	22,6	22,9	24,0	25,5	26,3	27,3	27,7	26,5	24,4	22,5	24,4
	Media mín. diaria	15,4	15,3	15,7	16,0	16,8	18,4	19,2	20,0	20,9	19,9	18,3	16,7	17,7
	Media mensual	18,2	18,3	19,1	19,4	20,3	22,1	23,2	23,9	24,3	23,1	21,4	19,6	21,1
	Media oscilación diaria	6,0	6,5	7,0	6,9	7,2	7,1	7,1	7,3	6,8	6,5	6,1	5,8	6,7
Humedad (%)	Media máx. diaria	88,0	89,0	90,0	90,0	89,0	89,0	88,0	91,0	91,0	90,0	89,0	89,0	89,4
	Media mín. diaria	55,0	57,0	57,0	62,0	62,0	63,0	64,0	65,0	64,0	64,0	56,0	57,0	60,5
	Media mensual	71,5	73,0	73,5	76,0	75,5	76,0	76,0	78,0	77,5	77,0	72,5	73,0	75,0
	Media oscilación diaria	33,0	32,0	33,0	28,0	27,0	26,0	24,0	26,0	27,0	26,0	33,0	32,0	28,9
Precipitación (mm)	Media mensual	28,3	24,5	14,3	9,8	2,8	1,3	2,5	2,0	2,9	15,7	32,0	25,3	163,6

Tabla 4.3. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Frontera. Elaboración propia a partir de datos del INM.



VIENTO

En general, la dirección predominante del viento en verano es del NO como se evidencia en La Restinga (figura 4.4).

Sin embargo, la fisiografía del terreno puede propiciar el cambio de dirección, como sucede en Valverde, donde durante el verano predominando los vientos de componente N (figura 4.5).

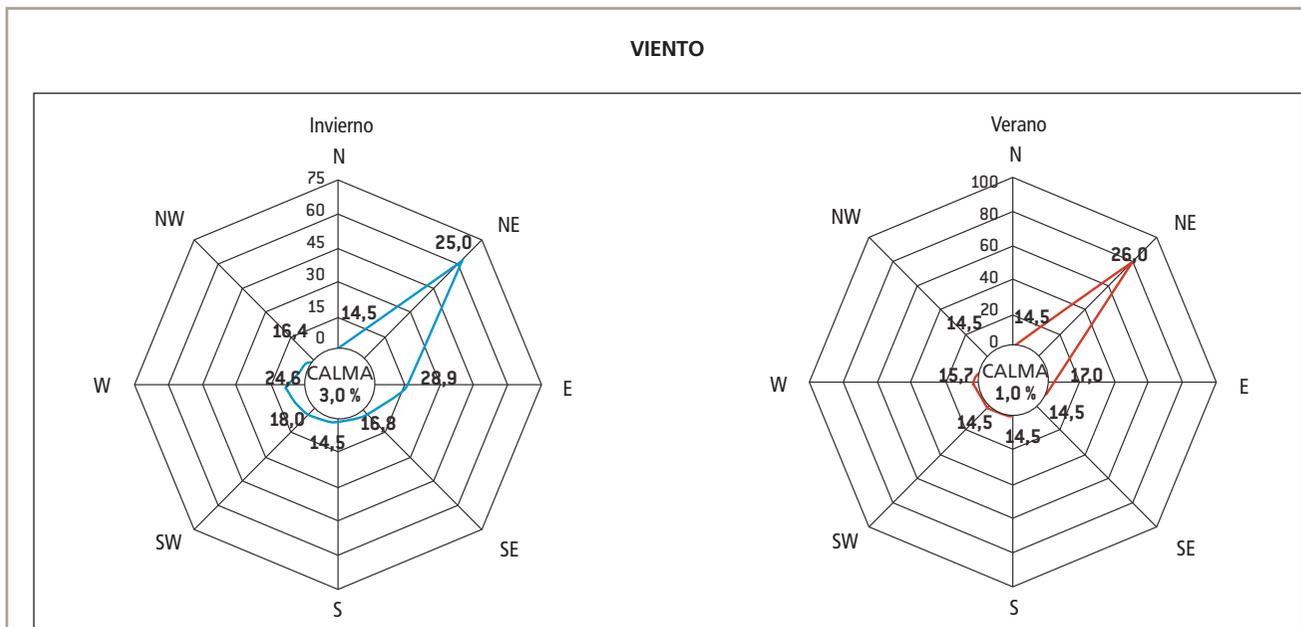


Figura 4.4. Frecuencia y velocidad del viento en La Restinga. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias

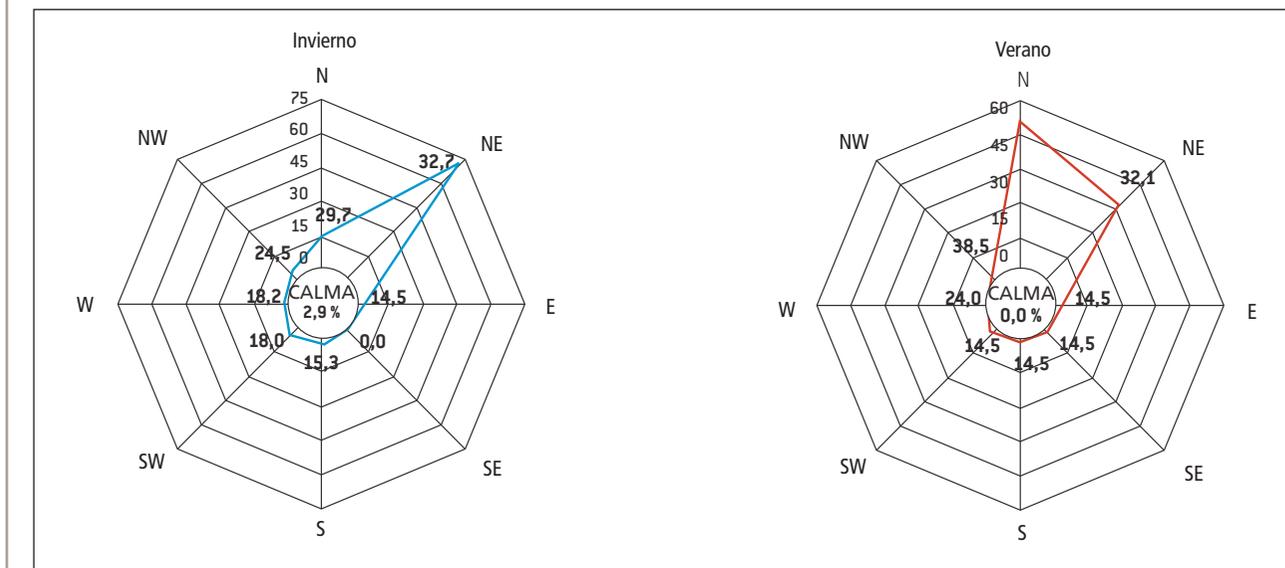


Figura 4.5. Dirección y velocidad del viento en Valverde. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

RADIACIÓN

El valor más alto de irradiación diaria corresponde a la estación de La Restinga, situada a sotavento y a nivel del mar (figura 4.6).

Por el contrario, los valores más bajos de irradiación diaria corresponden a Valverde (figura 4.7) localizada a barlovento del alisio ya una altitud próxima al "mar de nubes" que limita la radiación solar directa.

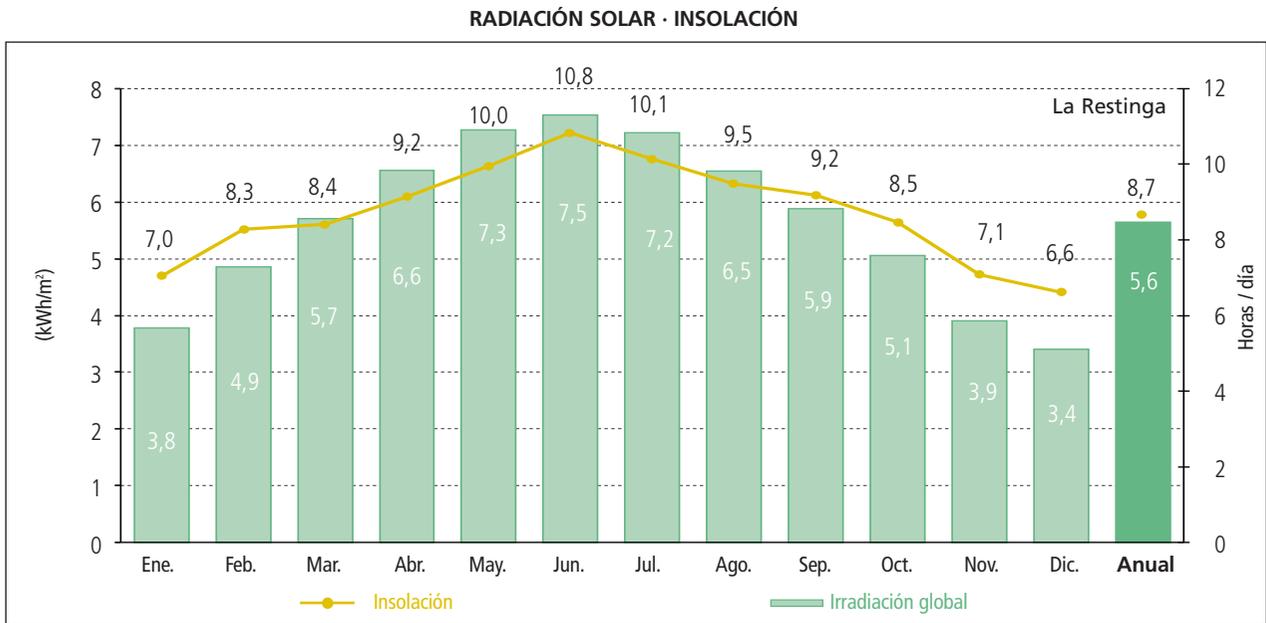


Figura 4.6. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en La Restinga. Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

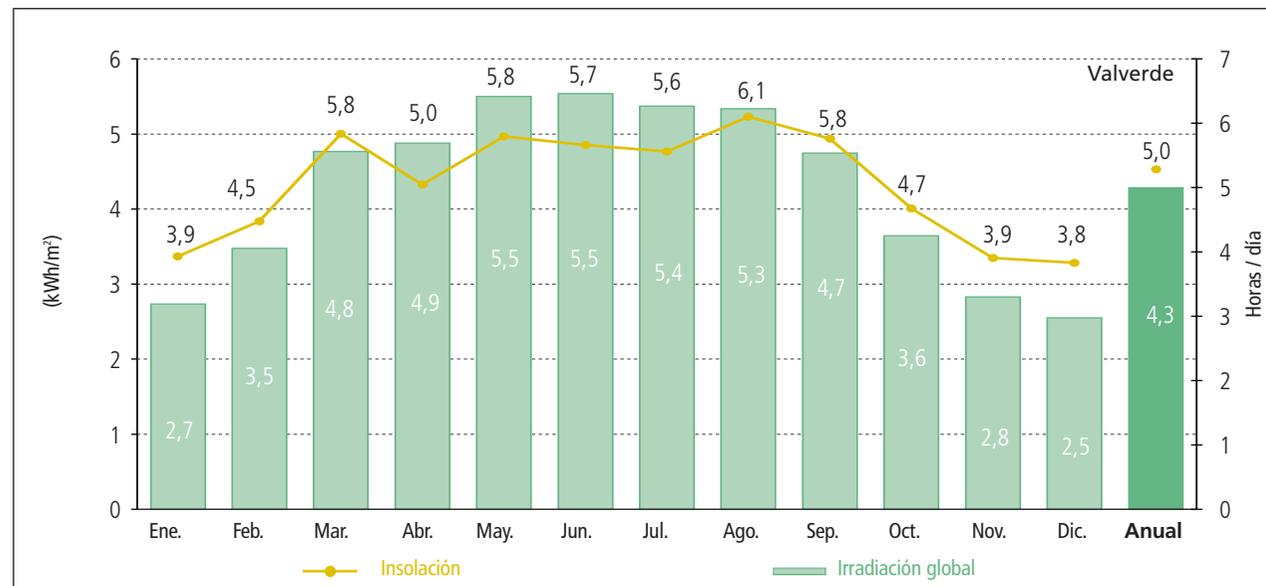
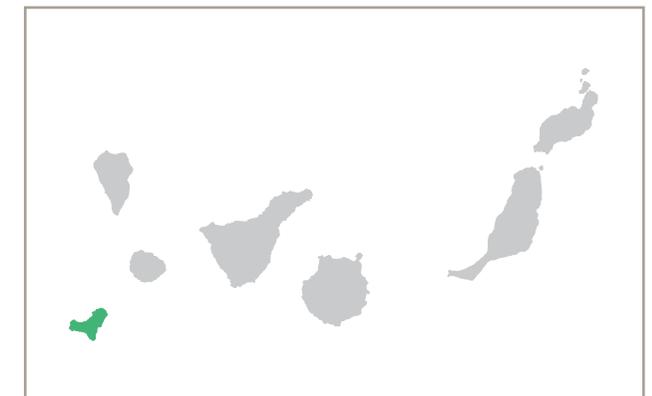


Figura 4.7. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Valverde. Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.



LA GOMERA

PARTICULARIDADES Y LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES

La Gomera posee condiciones climáticas particulares condicionadas por la distancia al continente africano, por el perfil altitudinal con forma de "meseta" y por su forma redondeada (figura 4.8).

El hecho de que las cumbres alcanzan el límite inferior de la capa de inversión en verano, sin sobrepasarlo demasiado, posibilita que se forme el "mar de nubes" y que éste inunde la gran meseta superior que ocupa el Parque Nacional de Garajonay suministrando la humedad ambiental, la "precipitación horizontal" y la protección del sol que necesita la vegetación de laurisilva durante el verano para subsistir. Además, el "mar de nubes" protege a los valles abiertos de la radiación solar garantizando el ambiente húmedo que permite que se desarrolle la agricultura en bancales que, además de una belleza extraordinaria permite reducir la erosión.

La fragmentación de la isla por profundos barrancos contribuye a que se creen microclimas cuyas características dependen de la orientación respecto al sol (norte, sur) y respecto a los vientos dominantes (barlovento, sotavento) posibilitando el desarrollo de una variada agricultura de medianías, que condicionan el carácter rural y sus valores paisajísticos y naturales, un importante atractivo para el turismo rural que representa un importante complemento económico para la sostenibilidad de la agricultura de medianías particularmente en las zonas de barlovento que posee mayor calidad paisajística.

Por otro lado, las localidades situadas en el Sur, a sotavento, presentan un paisaje árido que experimenta un importante proceso erosivo que ha motivado que en las zonas más incli-

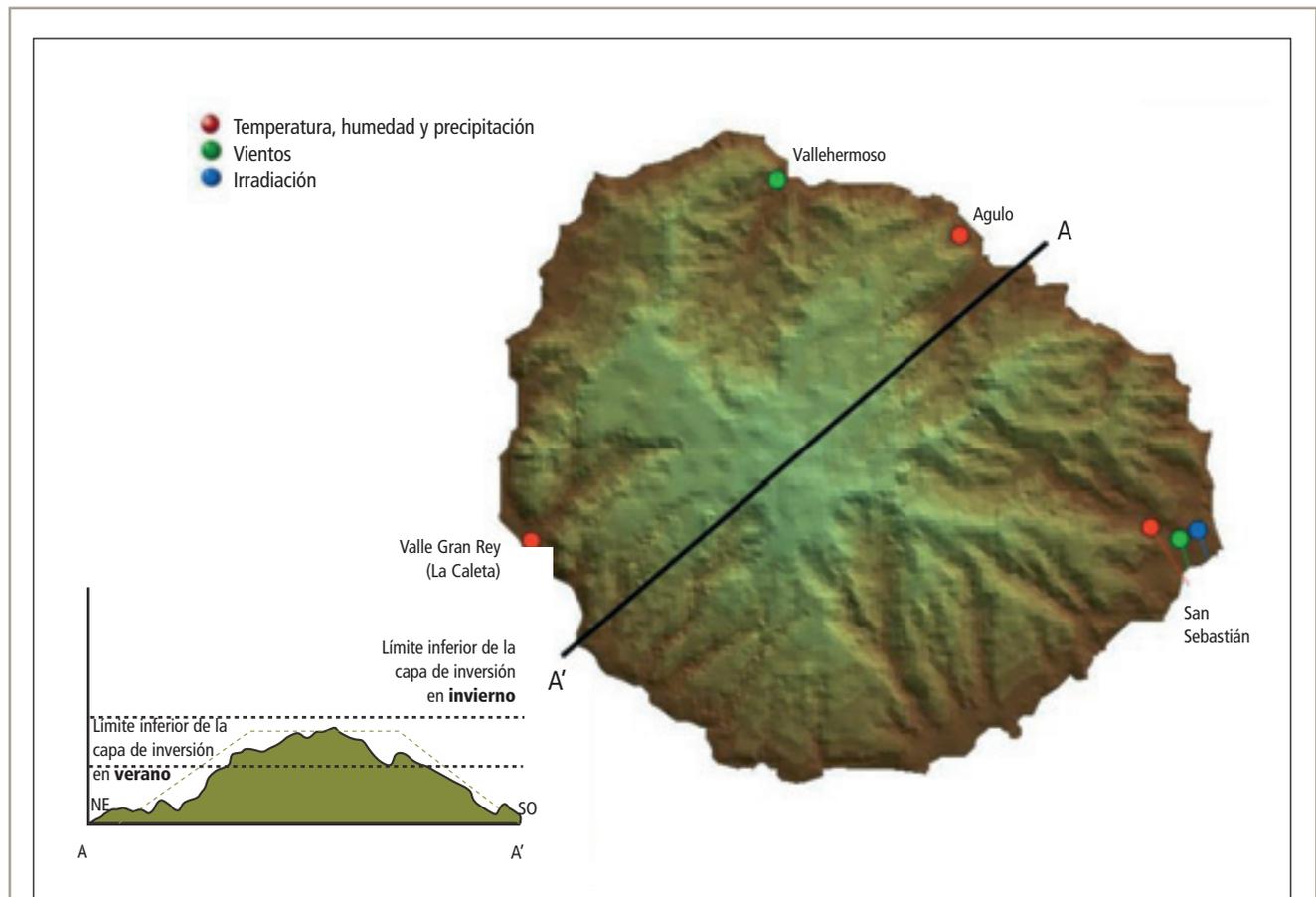


Figura 4.8. Fisiografía general y localización de las estaciones climáticas de La Gomera. El perfil topográfico de La Gomera en forma de meseta y de altitud media que alcanza el límite inferior de su inversión permite que se forme "el mar de nubes" y que una gran extensión de la meseta se vea inundada por el mar de nubes posibilitando que exista una amplia extensión de laurisilva.

nadas se abandonen los terrenos que antes estaban cultivados y que en las zonas próximas a la costa, llanas y con disponibilidad de agua para el riego, se desarrolle una agricultura de exportación que, por otro lado, ha de competir con el turis-

mo del sol y playa que aprovecha el carácter cálido, seco y soleado del clima; de modo que las características de aridez que resultan poco propicias para la agricultura de medianía resulta favorable para este tipo de turismo que compite por el

suelo, el agua y el empleo con la agricultura, planteándose la necesidad de asumir un modelo de desarrollo sostenible que permita que convivan ambas actividades sin afectar a la diversidad natural y cultural.

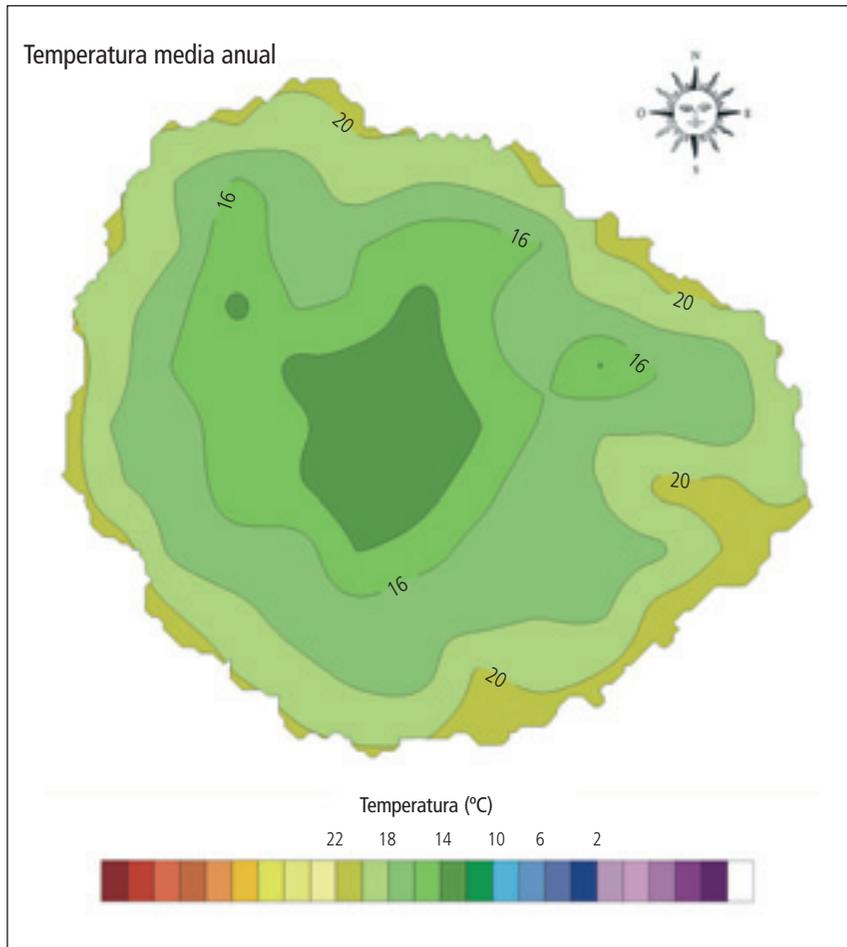


Figura 4.10. Precipitación media anual. Elaboración propia a partir de datos del INM.

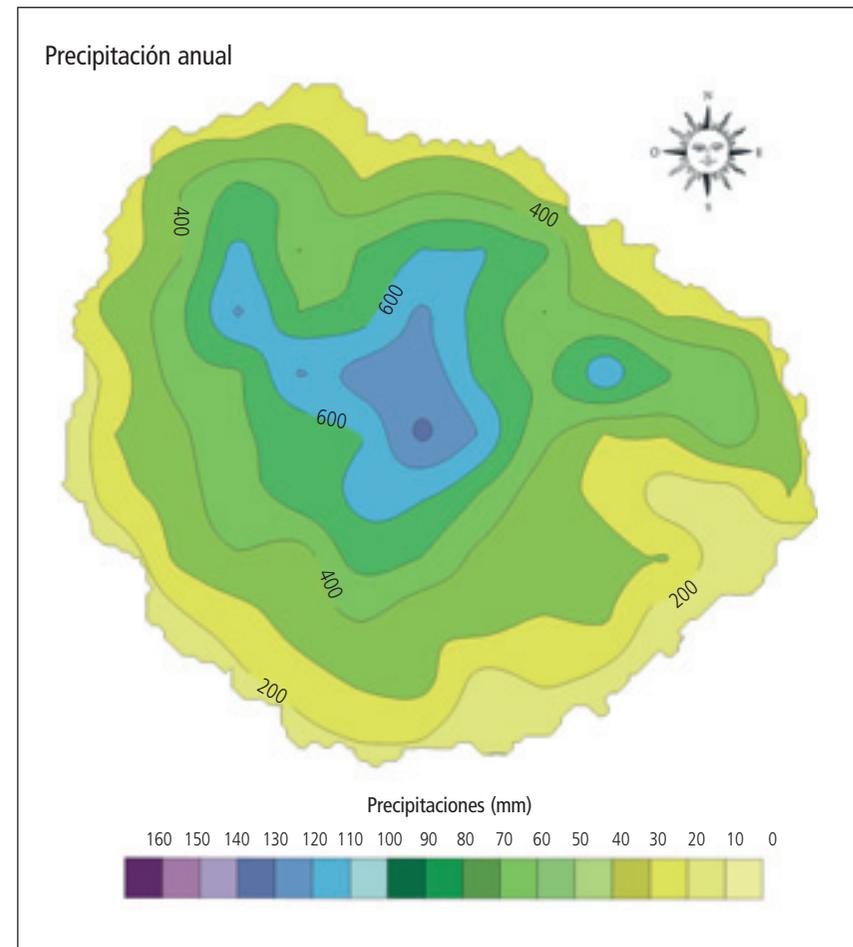


Figura 4.9. Temperatura media anual. Elaboración propia a partir de datos del INM.

TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN

Debido a su mediana altitud la temperatura en La Gomera no presenta valores extremadamente bajos (figura 4.9).

Sin embargo, aunque la altitud máxima es media, la precipitación alcanza valores de que se aproximan a los de otras islas más altas (600 mm). Además, como consecuencia de su perfil altitudinal en forma de meseta, la altitud media es considerable y la precipitación media por metro cuadrado es superior a otras islas, permitiendo en los valles el desarrollo de una variada agricultura.

Dado lo accidentado del relieve, el principal desarrollo urbano se localiza en la costa, por lo que las tres estaciones para las que se suministra información sobre temperaturas y humedades máximas y mínimas se localizan en la costa. De entre ellas Valle Gran Rey es la estación que presenta valores más altos de humedad durante el verano, debido a su situación a barlovento del alio, que sopla con especial persistencia durante el verano.



TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

SAN SEBASTIÁN DE LA GOMERA		Coordenadas UTM (m): 291.600 - 3.109.950; Altitud 73 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	20,2	20,4	21,5	21,5	22,3	24,2	26,0	27,7	26,9	25,1	23,5	21,3	23,4
	Media mín. diaria	13,6	14,3	15,2	14,9	15,5	17,3	18,8	19,8	19,5	18,2	17,0	14,9	16,6
	Media mensual	16,8	17,0	18,1	18,1	19,0	21,1	23,1	24,1	23,7	22,0	20,1	18,1	20,1
	Media oscilación diaria	6,5	6,2	6,3	6,6	6,8	6,9	7,2	7,9	7,5	6,9	6,4	6,4	6,8
Humedad (%)	Media máx. diaria	82,0	83,0	84,0	84,0	87,0	82,0	85,0	87,0	87,0	88,0	83,0	80,0	84,3
	Media mín. diaria	55,0	55,0	57,0	60,0	63,0	58,0	56,0	56,0	59,0	60,0	54,0	54,0	57,3
	Media mensual	68,5	69,0	70,5	72,0	75,0	70,0	70,5	71,5	73,0	74,0	68,5	67,0	70,8
	Media oscilación diaria	27,0	28,0	27,0	24,0	24,0	24,0	29,0	31,0	28,0	28,0	29,0	26,0	27,1
Precipitación (mm)	Media mensual	32,6	24,4	17,3	10,2	2,3	1,5	0,3	0,6	6,6	20,9	42,4	36,5	195,8

Tabla 4.4. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de San Sebastián de La Gomera. Elaboración propia a partir de datos del INM.

AGULO		Coordenadas UTM (m): 284.850 - 3.120.250; Altitud 103 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	20,1	20,4	21,2	21,3	22,0	23,8	27,0	28,4	27,5	26,1	23,0	21,3	23,5
	Media mín. diaria	14,1	14,2	15,0	15,0	17,0	18,8	20,4	21,2	20,9	19,6	17,5	15,3	17,4
	Media mensual	16,5	16,8	17,4	17,9	18,9	21,0	23,9	24,6	24,1	21,7	20,1	18,5	20,1
	Media oscilación diaria	6,1	6,2	6,2	6,3	4,9	5,0	6,6	7,2	6,6	6,5	5,4	6,0	6,1
Humedad (%)	Media máx. diaria	86,0	89,0	89,0	93,0	92,0	93,0	94,0	94,0	92,0	90,0	89,0	87,0	90,7
	Media mín. diaria	57,0	58,0	58,0	64,0	65,0	67,0	68,0	64,0	63,0	63,0	60,0	58,0	62,1
	Media mensual	71,5	73,5	73,5	78,5	78,5	80,0	81,0	79,0	77,5	76,5	74,5	72,5	76,4
	Media oscilación diaria	29,0	31,0	31,0	29,0	27,0	26,0	26,0	30,0	29,0	27,0	29,0	29,0	28,6
Precipitación (mm)	Media mensual	44,7	31,1	19,8	12,8	0,5	0,3	0,1	0,2	7,3	29,7	58,8	53,0	258,3

Tabla 4.5. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Agulo. Elaboración propia a partir de datos del INM.

TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

VALLE GRAN REY		Coordenadas UTM (m): 270.500 - 3.109.250; Altitud 30 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	19,9	20,3	21,5	21,4	22,3	24,3	26,0	27,9	26,9	24,5	23,4	21,1	23,3
	Media mín. diaria	3,2	14,1	15,1	14,7	14,4	16,2	17,8	18,8	18,5	17,2	16,7	14,6	15,9
	Media mensual	16,6	17,0	18,1	17,9	18,9	21,0	22,8	24,1	23,5	22,0	19,9	17,7	20,0
	Media oscilación diaria	6,7	6,2	6,4	6,7	7,9	8,1	8,2	9,1	8,4	7,3	6,7	6,5	7,3
Humedad (%)	Media máx. diaria	83,0	84,0	87,0	87,0	88,0	90,0	92,0	93,0	91,0	89,0	85,0	85,0	87,8
	Media mín. diaria	52,0	55,0	56,0	59,0	62,0	66,0	65,0	66,0	64,0	62,0	56,0	56,0	59,9
	Media mensual	67,5	69,5	71,5	73,0	75,0	78,0	78,5	79,5	77,5	75,5	70,5	70,5	73,9
	Media oscilación diaria	31,0	29,0	31,0	28,0	26,0	24,0	27,0	27,0	27,0	27,0	29,0	29,0	27,9
Precipitación (mm)	Media mensual	8,5	21,9	16,2	8,5	2,8	1,5	0,7	1,0	6,1	17,1	37,4	31,2	173,0

Tabla 4.6. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Valle Gran Rey. Elaboración propia a partir de datos del INM.



VIENTO

Lo accidentado de la fisiografía del terreno condiciona fuertemente la dirección y la velocidad del viento, que puede experimentar cambios espectaculares, como se evidencia con motivo de los incendios experimentados en la Isla en los que las llamas en combinación con los vientos surgen del fondo de los barrancos y pasa a otros barrancos causando numerosas víctimas ante lo imprevisible de su dinámica.

En Vallehermoso predominan la dirección NE y E en verano debido a la canalización del alisio por la topografía del terreno.

En San Sebastián la topografía condiciona que predominen los vientos de componente norte.

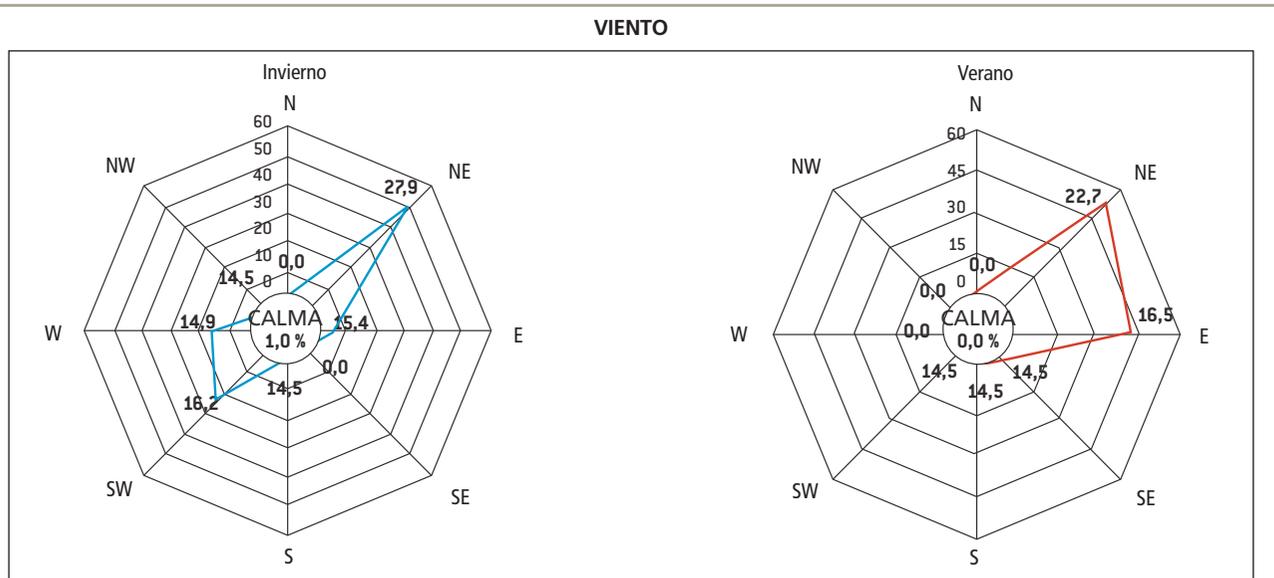


Figura 4.11. Dirección y velocidad del viento en Vallehermoso. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

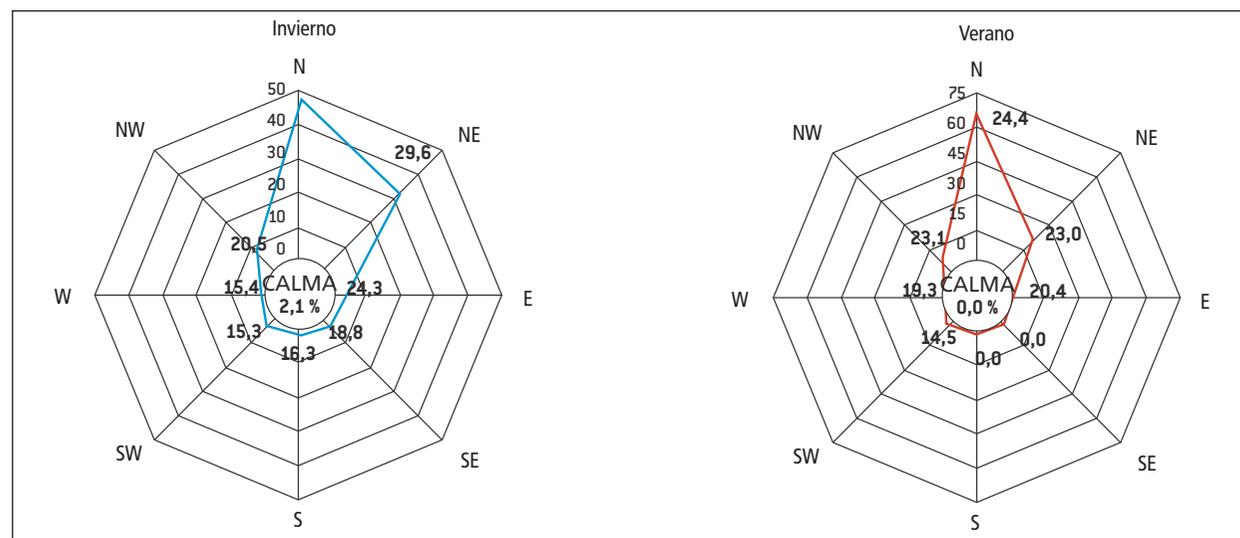


Figura 4.12. Dirección y velocidad del viento en San Sebastián. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

RADIACIÓN

Los valores de irradiación diaria en San Sebastián son equivalentes a los de La Restinga (El Hierro), explicable porque ambas estaciones se encuentran en la costa y a sotavento.

Sin embargo, la irradiación en Valle Gran Rey es menor por estar orientada a barlovento, por verse afectada por el mar de nubes y por estar afectada por la obstrucción de las laderas del valle sobre el soleamiento.

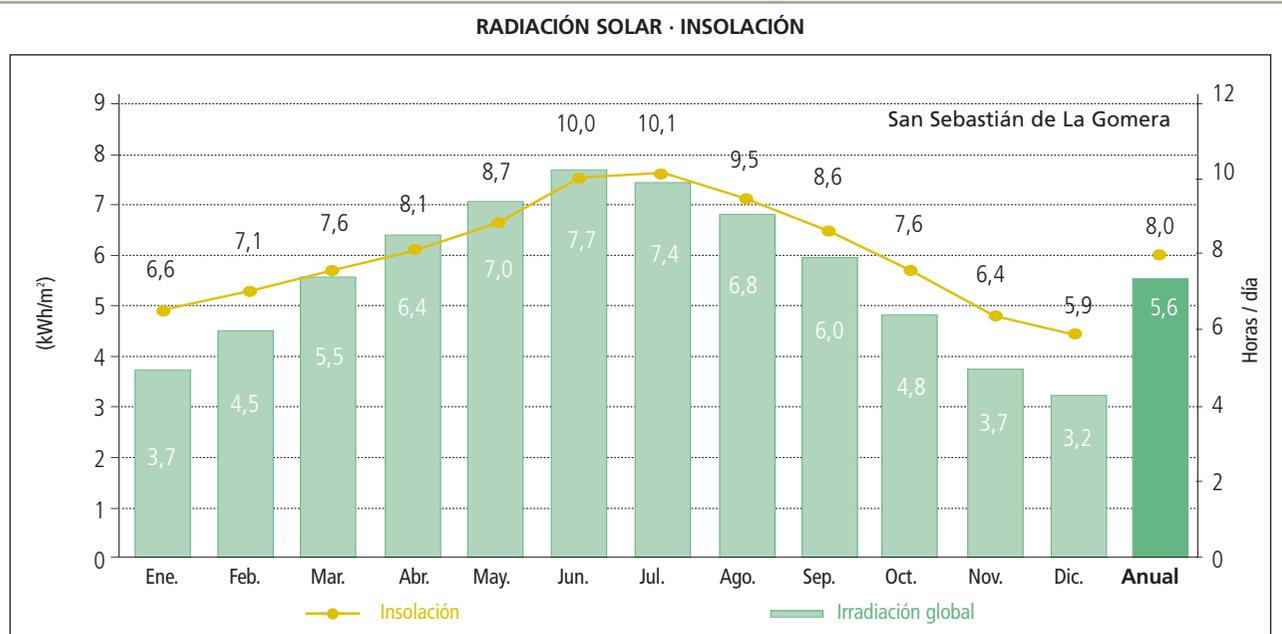


Figura 4.13. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en San Sebastián de La Gomera. Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

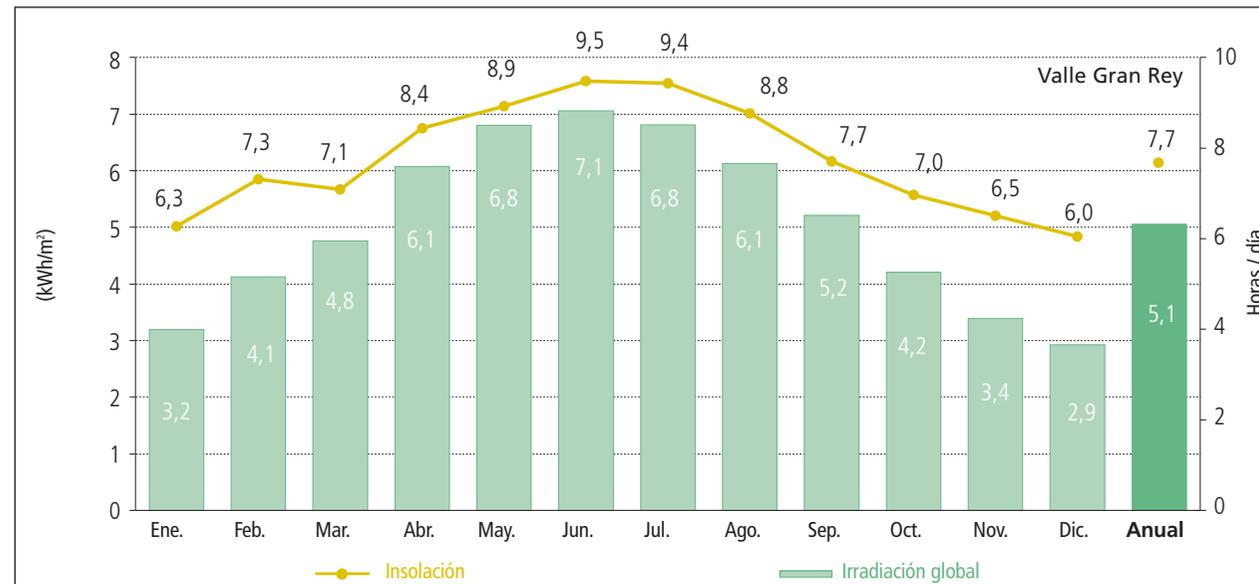


Figura 4.14. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Valle Gran Rey. Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.



LA PALMA

PARTICULARIDADES Y LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES

La Palma posee características climáticas específicas condicionadas por su considerable altitud máxima (2.470 m) en comparación con su reducida superficie (705 km²), que confieren a la isla un perfil altitudinal piramidal (figura 4.15) que alcanza el límite inferior de la capa de inversión en verano y en invierno posibilitando que se desarrolle el "mar de nubes", lo que afecta a una amplia extensión de la isla situada a barlovento y permite que en las medianías se desarrollen extensas zonas de laurisilva; mientras, en las zonas bajas prospera una abundante vegetación y una rica agricultura que le confieren un paisaje propicio para el turismo rural. Por el contrario, a sotavento la precipitación y la nubosidad son menores, la vegetación más esclerófito, el paisaje más árido y el clima más soleado y cálido, lo que si por un lado dificulta la agricultura de consumo por falta de rentabilidad, como contrapartida permite el desarrollo de un incipiente turismo de sol y playa.

La Caldera de Taburiente constituye un elemento significativo debido a que recoge las abundantes precipitaciones y las canaliza por el barranco de Las Angustias para su utilización en el riego de amplias zonas. Además, concentra y canaliza también el aire frío que se produce por las noches al enfriarse el suelo de las laderas y que al ser más denso discurre hasta el Barranco de Las Angustias hasta el Valle de Aridane, donde el aire se desborda produciendo vientos catabáticos fríos en las zonas próximas al barranco motivando que por la noche el aire sea más frío en zonas situadas a mayor altitud, lo que reflejan algunos refranes y cancioncillas populares que recomiendan a las mujeres ponerse las medias por las noches.

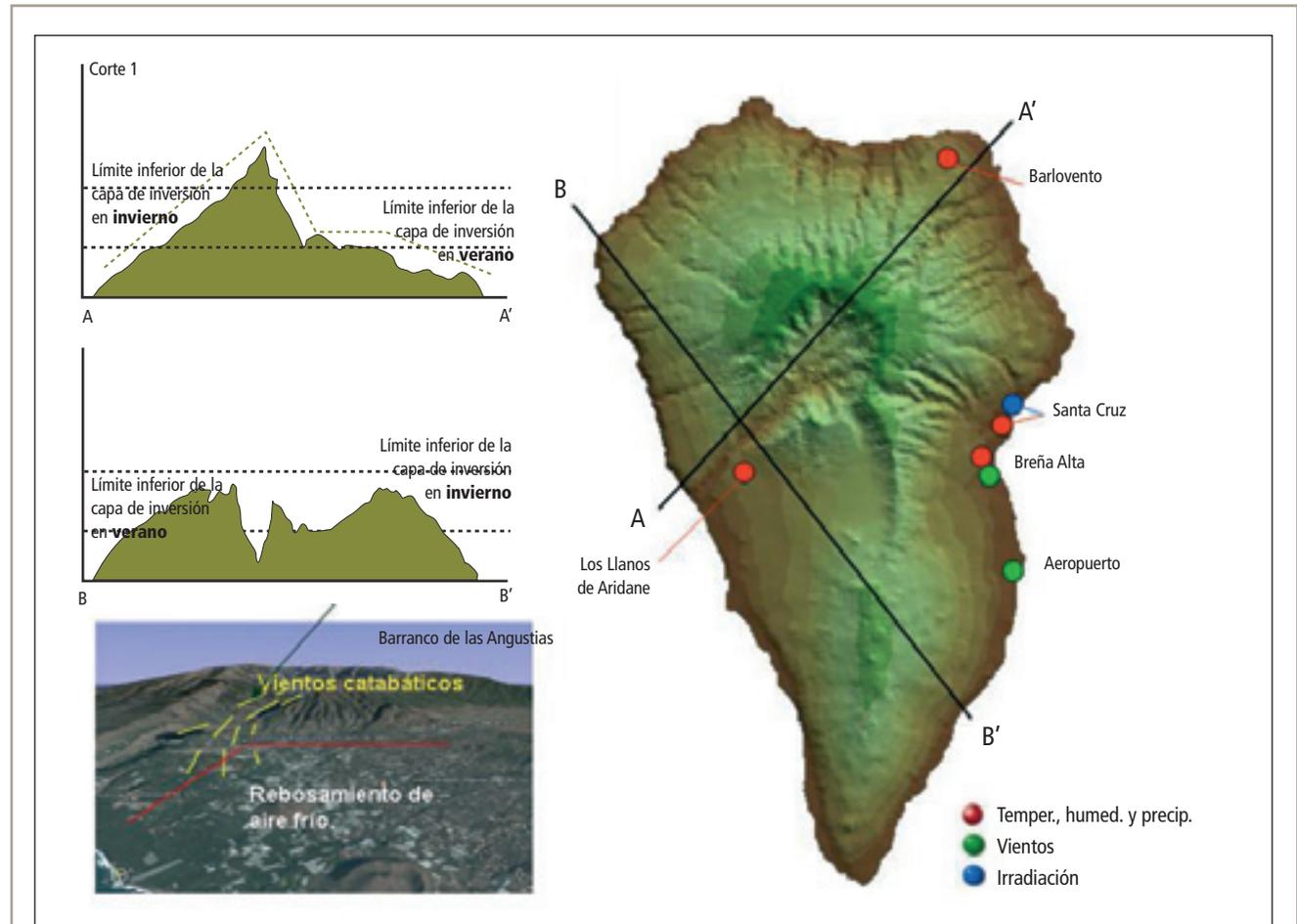


Figura 4.15. Fisiografía de La Palma y localización de estaciones climáticas. Las cumbres alcanzan el límite inferior de la capa de inversión en verano y en invierno formándose a barlovento "el mar de nubes". Por las noches, particularmente en los días despejados, fluye por el Barranco de las Angustias un viento catabático frío que inunda el Valle de Aridane.

La elevada pendiente de la isla contribuye a que el viento se acelere al ascender por las laderas, enfriándose y aumentando la humedad relativa. Esto forma nubes a partir de la altitud en la que se alcanza el punto de rocío y da lugar a precipitaciones cuando la inversión térmica no para el ascenso de las nubes, razón por la cual los mayores valores de la precipitación se producen antes de la cumbre y alcanzan valores de 800 mm equivalentes a los que se producen en islas más altas.

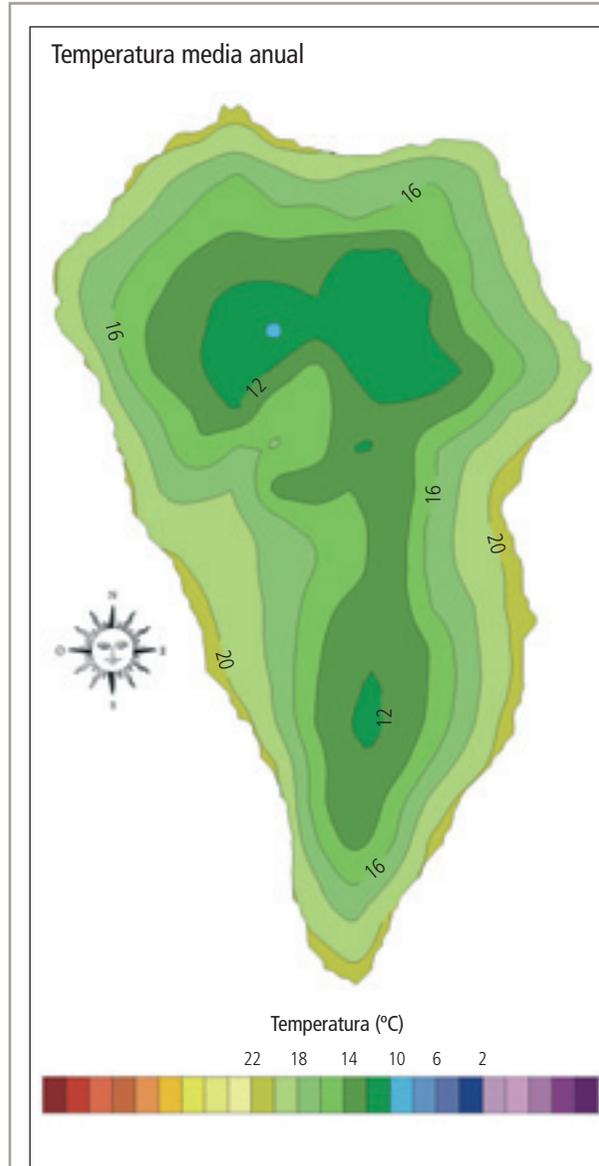


Figura 4.16. Temperatura media anual. La temperatura se encuentra estrechamente relacionada con la altitud. Elaboración propia a partir de datos del INM.

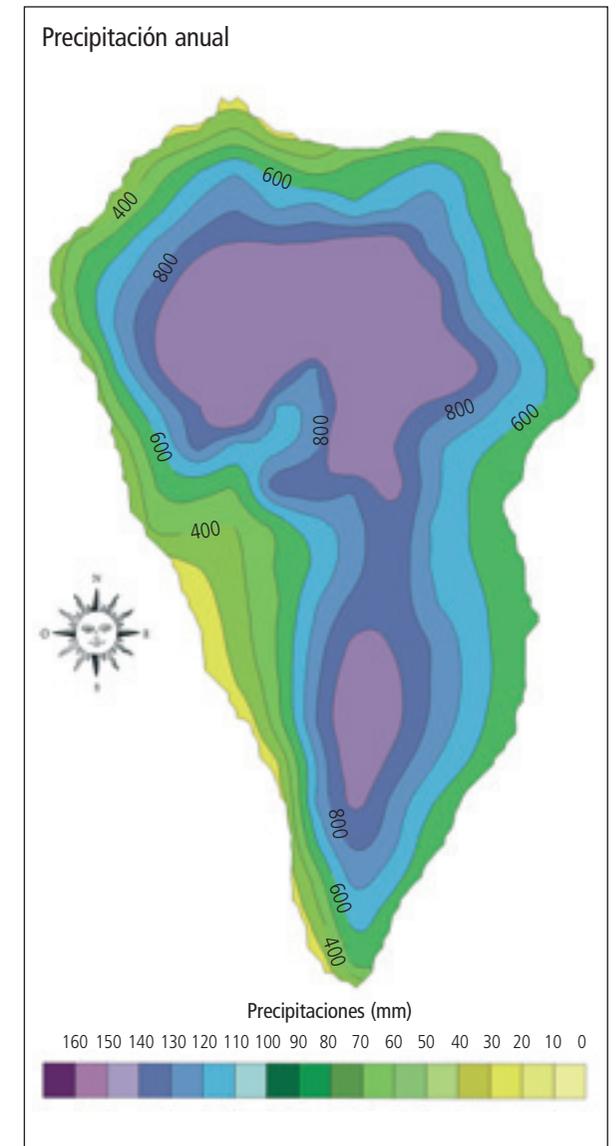


Figura 4.17. Precipitación anual. Las precipitaciones más altas (800 mm) se producen en torno a los 1.600 m, disminuyendo por encima de esta altitud. Elaboración propia a partir de datos del INM.

TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN

Debido al amplio rango altitudinal, que se concentra sobre un área relativamente pequeña, La Palma presenta una gran variedad de condiciones climáticas debido a que las condiciones de temperatura, humedad y precipitación no varían de una forma monótona con la altitud, sino que presentan discontinuidades condicionadas por la capa de inversión, que motiva la formación de una serie de pisos de vegetación que confiere a su paisaje una gran variedad y belleza que justifica que se la califique de Isla Bonita.

El máximo de precipitación (800 mm) se alcanza en torno a los 1600 m de altitud, disminuyendo a partir de esta altitud.

Los valores de humedad más altos se dan en las estaciones situadas a barlovento a la altitud del límite inferior de la capa de inversión durante los periodos en los que llegan a la Isla vientos húmedos e inestables.

En la tabla 4.9 se describen los datos de Barlovento donde la humedad máxima diaria es muy elevada. Por el contrario, en las estaciones situadas a cotas inferiores la humedad es menor, particularmente en el caso de situaciones a sotavento. No obstante, los valores más bajos de humedad corresponden a las estaciones situadas claramente por encima de la inversión y a barlovento.

1 La fuente primera de los datos es el INM habiendo sido objeto de diferentes procesos de interpolación o extrapolación según el caso.



TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

S/C DE LA PALMA		Coordenadas UTM (m.): 230.250 - 3.176.700; Altitud 22 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	21,2	21,1	22,1	22,2	23,0	23,7	25,1	26,0	26,2	25,0	23,4	21,5	23,4
	Media mín. diaria	15,3	14,9	15,4	15,8	16,9	18,6	19,9	20,6	20,6	19,6	17,8	16,3	17,6
	Media mensual	17,8	17,7	18,8	18,9	19,8	21,5	22,1	23,2	23,8	22,7	20,7	19,0	20,5
	Media oscilación diaria	5,9	6,2	6,6	6,4	6,1	5,1	5,2	5,4	5,6	5,4	5,6	5,2	5,7
Humedad (%)	Media máx. diaria	2,0	83,0	85,0	88,0	89,0	91,0	93,0	93,0	92,0	89,0	84,0	86,0	87,9
	Media mín. diaria	51,0	51,0	52,0	55,0	58,0	61,0	60,0	59,0	61,0	58,0	51,0	55,0	56,0
	Media mensual	66,5	67,0	68,5	71,5	73,5	76,0	76,5	76,0	76,5	73,5	67,5	70,5	72,0
	Media oscilación diaria	31,0	32,0	33,0	33,0	31,0	30,0	33,0	34,0	31,0	31,0	33,0	31,0	31,9
Precipitación (mm)	Media mensual	90,0	69,6	47,6	30,9	16,9	7,1	4,7	5,1	15,3	61,7	90,8	85,9	525,6

Tabla 4.7. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de S/C de la Palma. Elaboración propia a partir de datos del INM.

BREÑA ALTA		Coordenadas UTM (m.): 228.900 - 3.175.800; Altitud 164 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	20,6	20,6	21,6	21,6	22,5	23,3	24,7	25,7	25,9	24,6	22,9	20,9	22,9
	Media mín. diaria	14,4	14,1	14,7	15,0	16,1	17,9	19,1	19,9	19,9	18,9	17,0	15,4	16,9
	Media mensual	17,2	17,1	18,2	18,3	19,3	21,0	21,8	22,9	23,4	22,2	20,1	18,4	20,0
	Media oscilación diaria	6,1	6,4	6,9	6,6	6,4	5,4	5,5	5,9	6,0	5,8	5,9	5,5	6,0
Humedad (%)	Media máx. diaria	80,0	80,0	83,0	86,0	86,0	88,0	90,0	91,0	89,0	87,0	81,0	83,0	85,3
	Media mín. diaria	49,0	49,0	50,0	52,0	55,0	58,0	57,0	56,0	58,0	55,0	48,0	52,0	53,3
	Media mensual	64,5	64,5	66,5	69,0	70,5	73,0	73,5	73,5	73,5	71,0	64,5	67,5	69,3
	Media oscilación diaria	31,0	31,0	33,0	34,0	31,0	30,0	33,0	35,0	31,0	32,0	33,0	31,0	32,1
Precipitación (mm)	Media mensual	93,7	72,7	50,2	32,7	17,1	7,5	5,0	5,4	15,9	63,3	94,8	88,6	546,9

Tabla 4.8. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Breña Alta. Elaboración propia a partir de datos del INM.

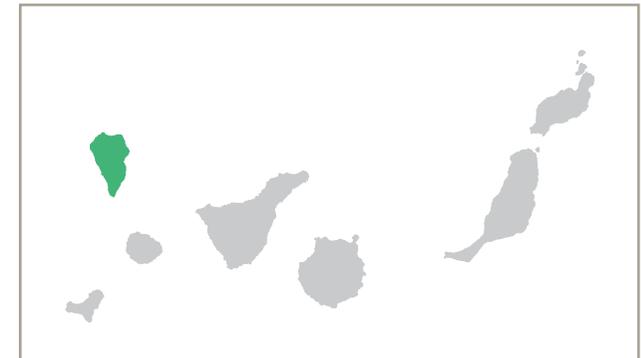
TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

BARLOVENTO		Coordenadas UTM (m): 228.900 - 3.175.800; Altitud 494 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	16,2	16,3	17,3	17,3	18,4	20,1	22,0	23,2	22,9	21,4	19,4	17,4	19,3
	Media mín. diaria	12,0	11,8	12,5	12,7	13,7	15,7	17,2	18,0	17,9	16,5	14,8	13,0	14,6
	Media mensual	15,0	15,2	14,9	15,1	16,1	17,9	19,3	20,4	20,4	19,0	17,2	15,4	17,2
	Media oscilación diaria	4,2	4,4	4,8	4,6	4,7	4,5	4,9	5,2	5,1	4,8	4,6	4,4	4,7
Humedad (%)	Media máx. diaria	93,0	92,0	91,0	94,0	94,0	95,0	94,0	93,0	94,0	93,0	91,0	93,0	93,1
	Media mín. diaria	59,0	56,0	57,0	60,0	60,0	61,0	60,0	57,0	58,0	60,0	58,0	60,0	58,8
	Media mensual	76,0	74,0	74,0	77,0	77,0	78,0	77,0	75,0	76,0	76,5	74,5	76,5	76,0
	Media oscilación diaria	34,0	36,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	36,0	36,0	33,0	33,0	33,0	34,3
Precipitación (mm)	Media mensual	90,6	63,8	58,6	40,8	21,3	12,1	7,3	9,5	23,2	70,5	95,9	86,9	580,4

Tabla 4.9. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Barlovento. Elaboración propia a partir de datos del INM.

LOS LLANOS DE ARIDANE		Coordenadas UTM (m): 215.250 - 3.192.250; Altitud 810 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	16,4	17,0	18,5	17,9	19,3	21,8	24,8	25,7	24,9	22,6	19,7	17,7	20,5
	Media mín. diaria	9,6	9,6	10,5	10,4	11,6	13,6	15,7	16,6	16,2	14,5	12,8	10,8	12,7
	Media mensual	12,7	13,1	14,5	14,2	15,4	17,6	20,5	21,8	20,5	18,6	16,1	14,1	16,6
	Media oscilación diaria	6,8	7,3	8,0	7,5	7,7	8,1	9,0	9,0	8,6	8,1	6,9	6,9	7,8
Humedad (%)	Media máx. diaria	82,0	83,0	85,0	88,0	89,0	91,0	93,0	93,0	92,0	89,0	84,0	86,0	87,9
	Media mín. diaria	51,0	51,0	52,0	55,0	58,0	61,0	60,0	59,0	61,0	58,0	51,0	55,0	56,0
	Media mensual	66,5	67,0	68,5	71,5	73,5	76,0	76,5	76,0	76,5	73,5	67,5	70,5	72,0
	Media oscilación diaria	31,0	32,0	33,0	33,0	31,0	30,0	33,0	34,0	31,0	31,0	33,0	31,0	31,9
Precipitación (mm)	Media mensual	112,7	93,5	59,3	35,6	12,9	5,8	3,4	3,6	15,2	68,1	109,8	100,9	620,8

Tabla 4.10. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Los Llanos de Aridane. Elaboración propia a partir de datos del INM.



VIENTO

La topografía del terreno y la forma alargada de La Palma motiva que las laderas condicionen la dirección de los vientos y que en Breña Alta (figura 4.18) y en Mazo (figura 4.19) predominen los vientos de componente norte.

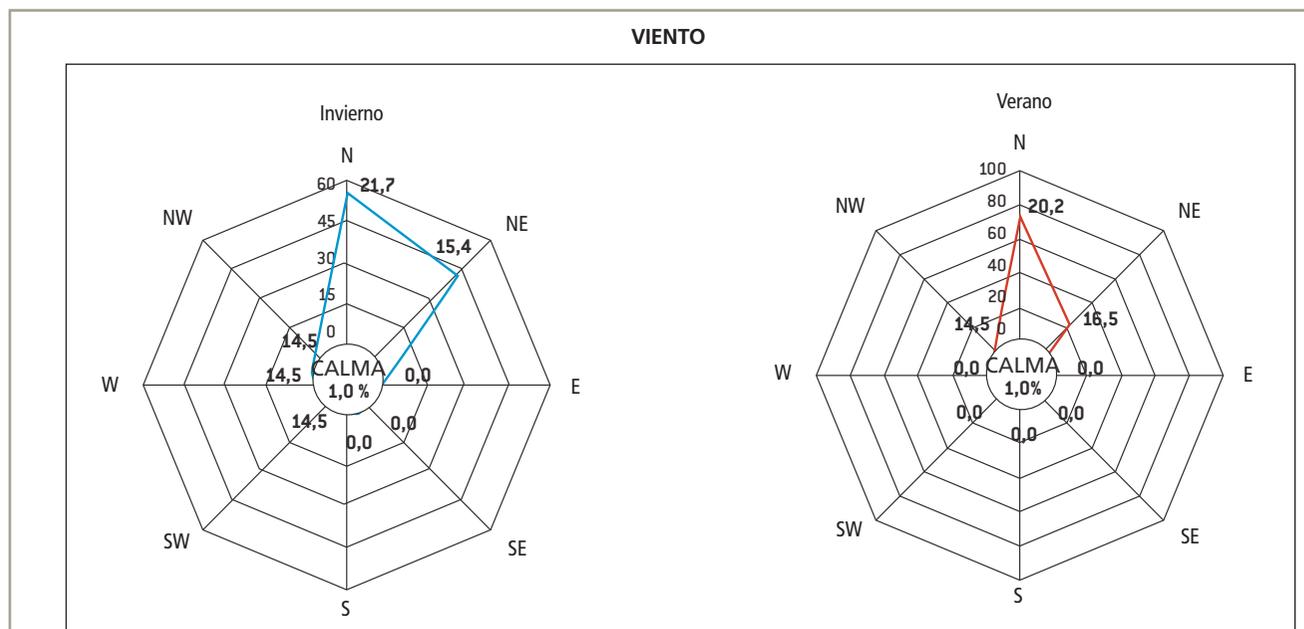


Fig. 4.18. Dirección y velocidad del viento en Breña Alta. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

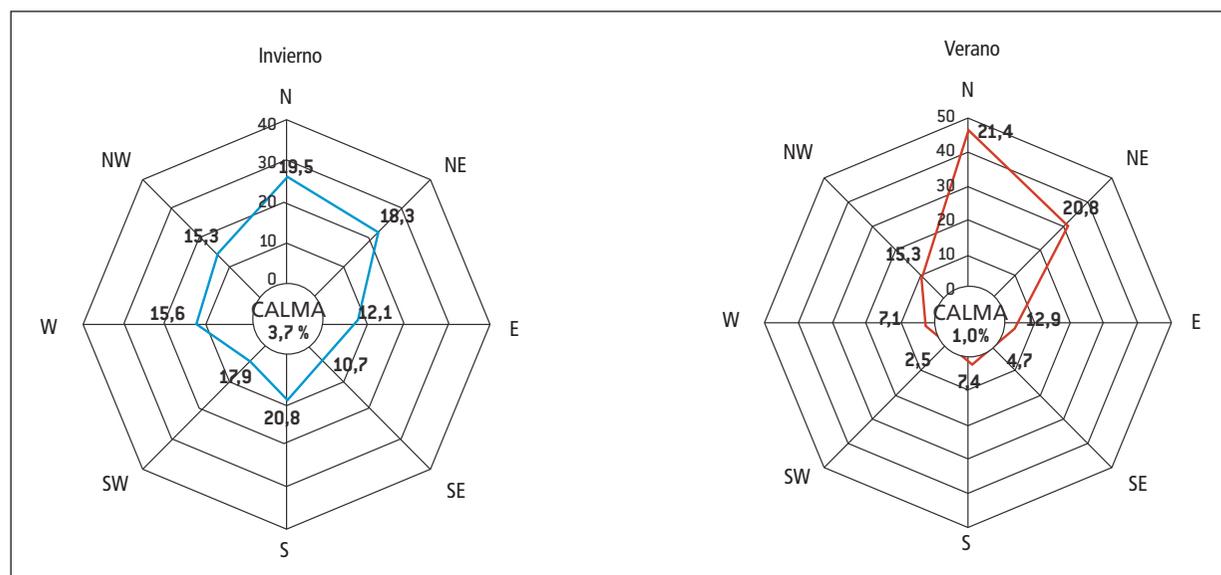


Fig. 4.19. Dirección y velocidad del viento en Mazo (Aeropuerto). Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

RADIACIÓN

La radiación está fuertemente condicionada por la nubosidad y por la humedad de la atmósfera. Los valores más altos corresponden a las estaciones situadas por encima de la capa de inversión en verano y en invierno, los valores medios a las situadas por debajo y a sotavento, y los valores más bajos a las estaciones situadas por debajo de la inversión y a sotavento del alisio, particularmente si se trata de valles cerrados por las laderas y por el mar de nubes.

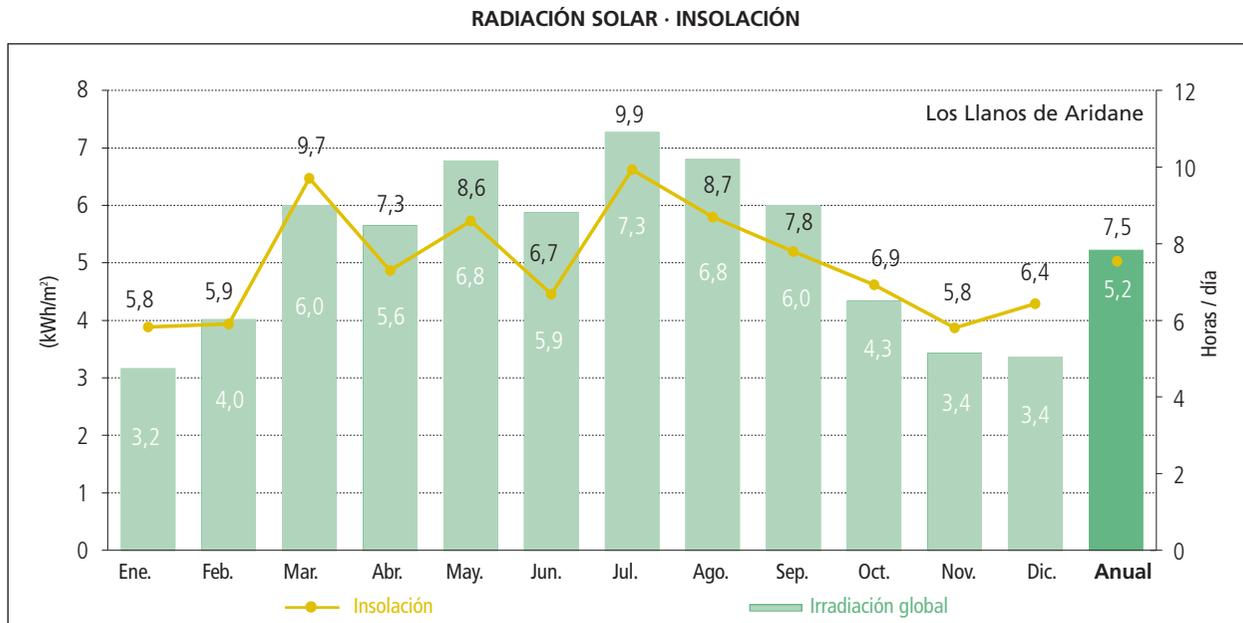


Figura 4.20. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Los Llanos de Aridane. Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

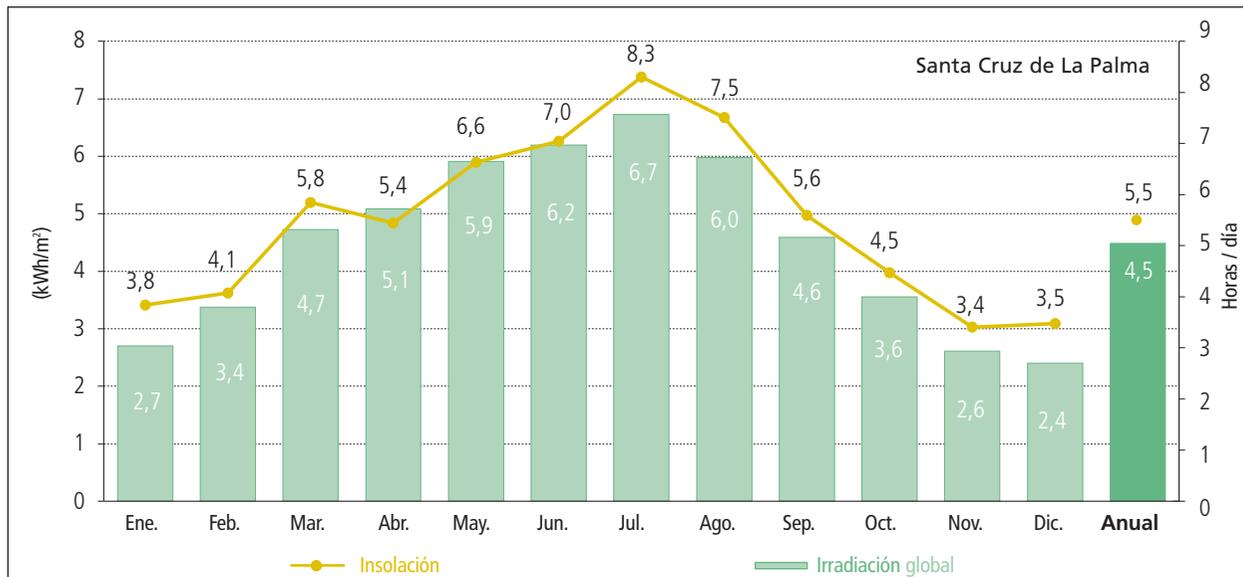


Figura 4.21. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Santa Cruz de La Palma. Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.



TENERIFE

PARTICULARIDADES Y LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES

La isla de Tenerife presenta características climáticas que la diferencia de las demás islas, atribuibles a su distancia al continente, al hecho de ser la isla más alta (3718 m) y la más extensa (2036 km²), a presentar un perfil altitudinal piramidal y a su forma de triángulo equilátero invertido con la base orientada al norte y los dos lados orientados respectivamente al SO y al SE (figura 4.22).

Su elevada altitud contribuye a que se den una gran variedad de situaciones climáticas que, unido al hecho de disponer de la red más amplia de observatorios meteorológicos, hace de Tenerife un modelo ideal para ilustrar las características climáticas de Canarias. A este respecto, su altitud le permite interceptar el límite inferior de la capa de inversión tanto en verano como en invierno posibilitando que se forme el mar de nubes a barlovento, cuyo límite superior varía a lo largo del año con la altura del límite inferior de la capa de inversión.

En general, en función de la altitud es posible diferenciar varios pisos climáticos. En primer lugar, un "piso basal" húmedo que comprende las áreas que se sitúan por debajo de la inversión en verano, periodo durante el cual la inversión alcanza su nivel más bajo. Le sigue un "piso de medianías", que agrupa los territorios que se localizan en verano por encima de la inversión pero que se sitúan por debajo en invierno, caracterizado por recibir abundantes precipitaciones durante el periodo frío mientras durante el verano experimentan un importante estrés hídrico. Por último, tenemos un piso "montano" que agrupa las zonas situadas por encima de la inversión en verano y en invierno, caracterizado por una baja humedad relativa, baja temperatura y un paisaje árido.

Además, en el piso basal se diferencia a barlovento un "subpiso" o "sector" que se forma como consecuencia de que el aire húmedo

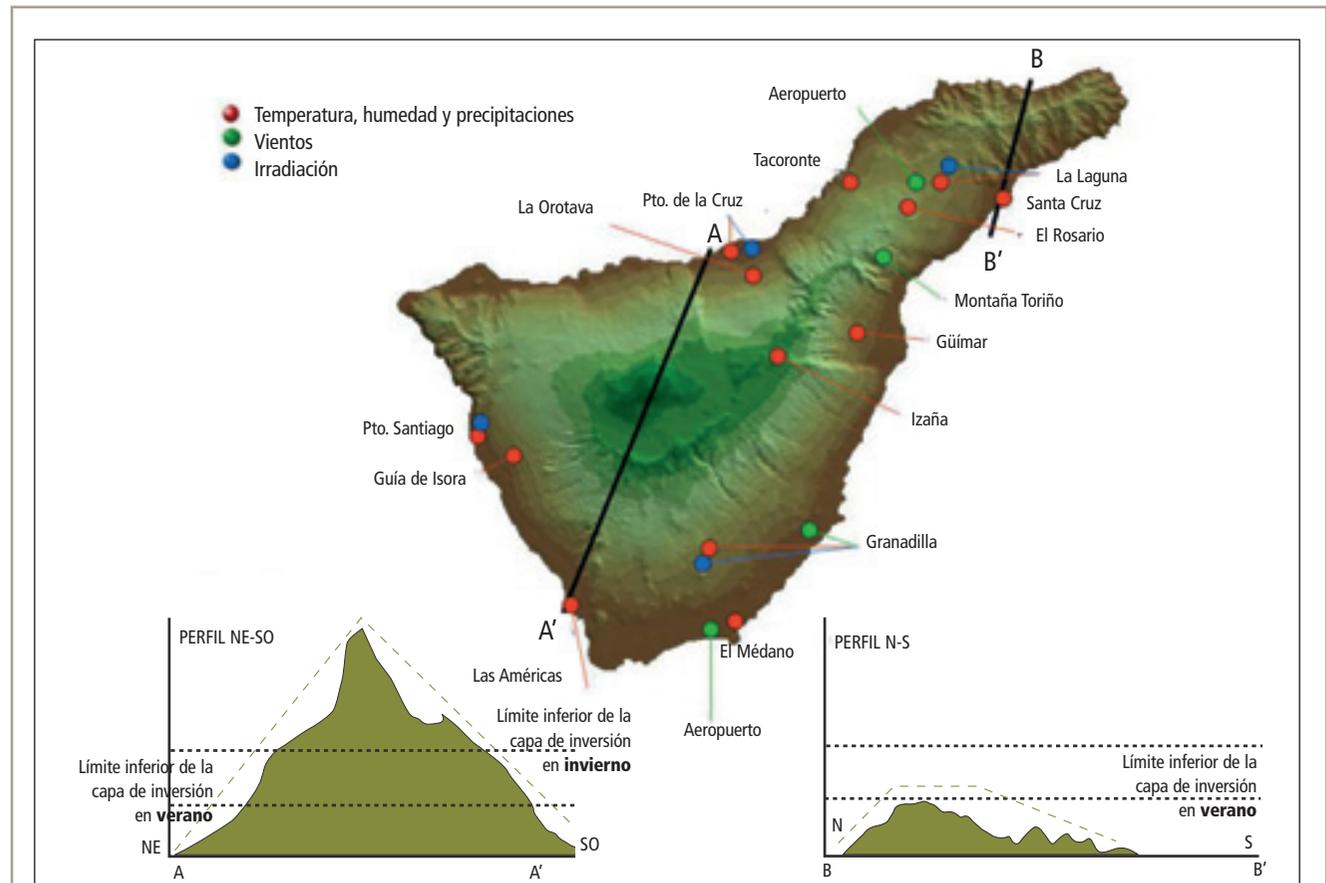


Figura 4.22. Fisionomía general y localización de las estaciones con información relacionada con el confort térmico. La isla presenta un perfil altitudinal que supera el límite inferior de la capa de inversión en verano y en invierno. Sin embargo, en zonas como la península de Anaga el perfil en forma de meseta (BB') sólo toca el límite inferior de la capa de inversión posibilitando que al estar abierta a los vientos del noreste se vea inundada por el mar de nubes y que se desarrolle la vegetación de laurisilva sobre una zona relativamente extensa.

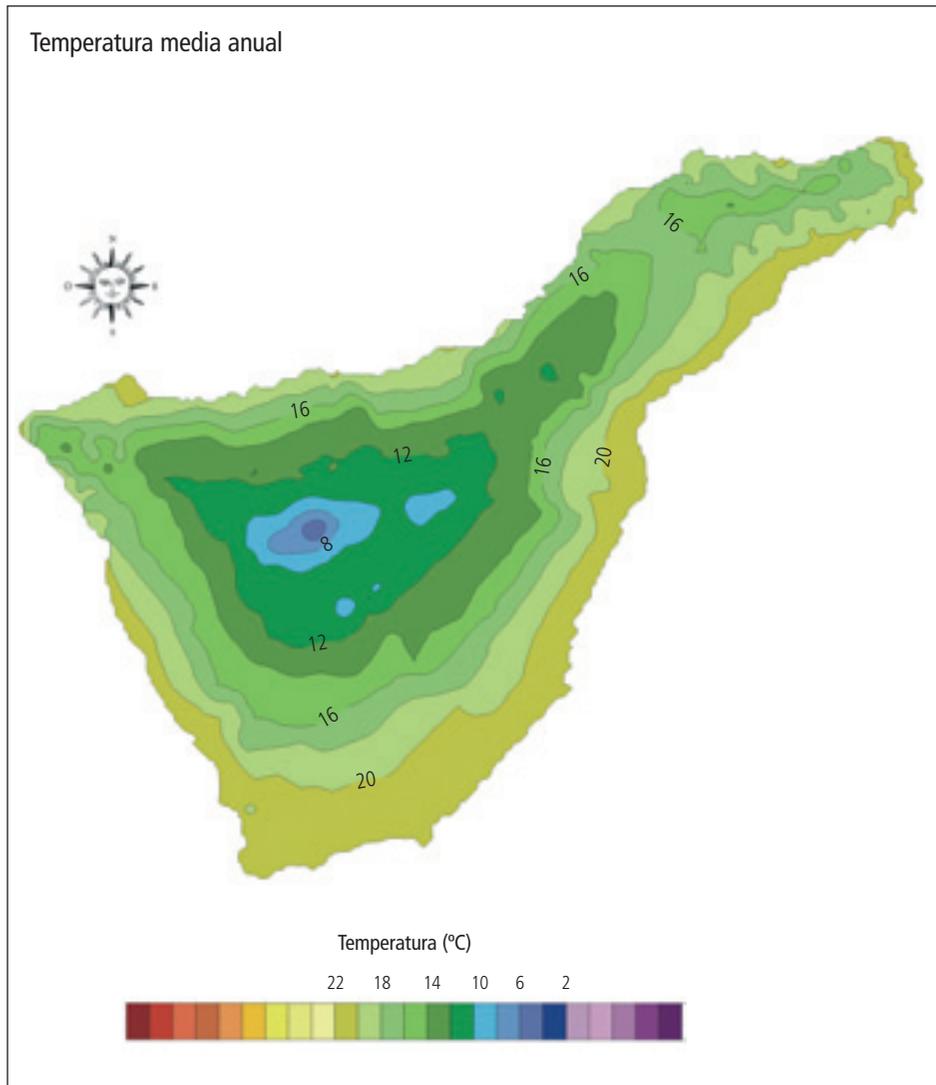


Figura 4.23. Temperatura media anual. La temperatura disminuye con la altitud siendo las cumbres del Teide las que alcanzan los valores más bajos, cubriéndose de nuevo una media de días o tres veces al año. Elaboración propia a partir de datos del INM.

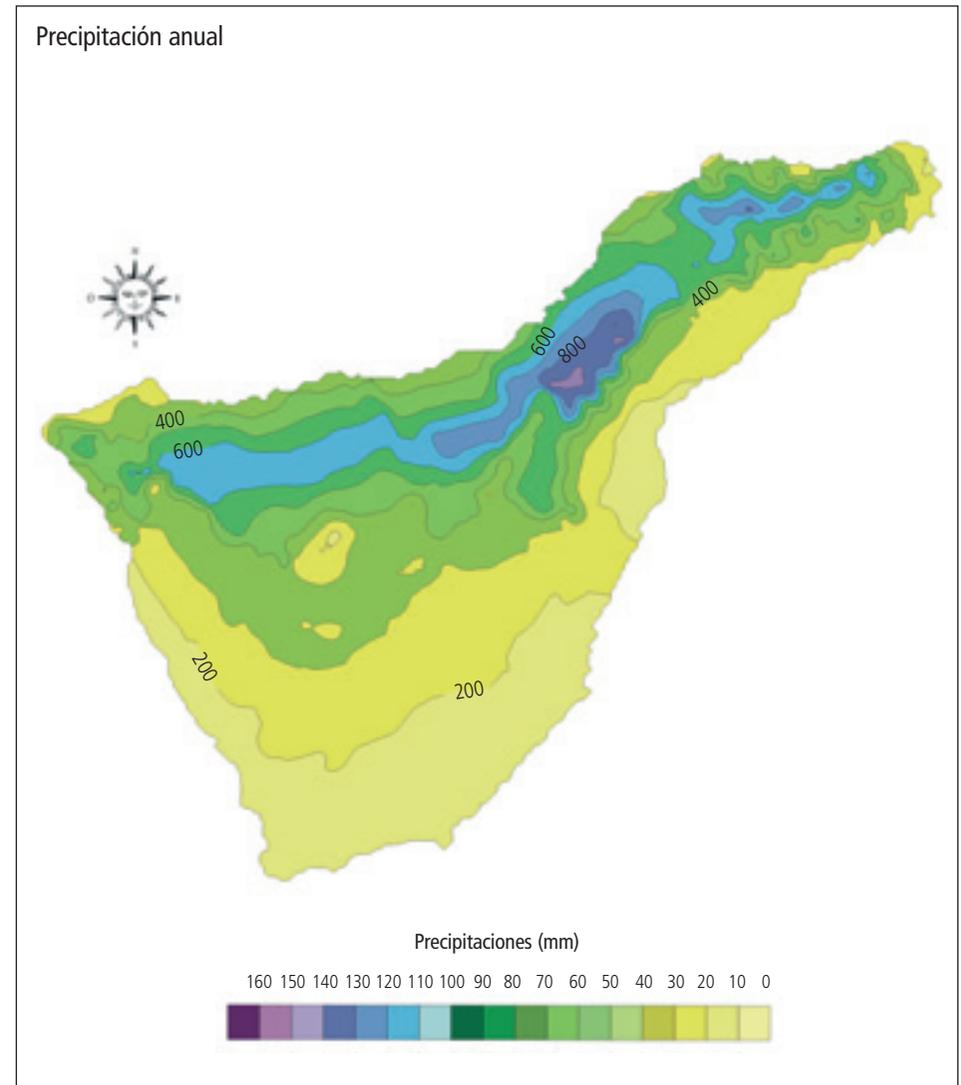


Figura 4.24. Precipitación media anual. Los valores más altos de precipitaciones se localizan en la ladera norte sobre los 1.600 m que corresponde a la altitud media de la capa de inversión cuando el aire que llega a Tenerife es húmedo e inestable. Elaboración propia a partir de datos del INM.

del alisio se ve obligado a ascender por las laderas de barlovento, disminuyendo la temperatura a la vez que aumenta la humedad relativa del aire, condensándose la humedad e iniciándose la formación del "mar de nubes" cuando la temperatura alcanza el punto de rocío, lo que lleva a aumentar su espesor hasta alcanzar el límite inferior de la capa de inversión que impide el ascenso del aire. En este subpiso la humedad relativa alcanza valores próximos a la saturación (100%) y pueden producirse precipitaciones si la altura de la inversión es suficiente para que se formen gotas de agua de suficiente tamaño. Además, cuando localmente las condiciones topográficas canalizan un flujo continuo de aire húmedo, al entrar en contacto con la vegetación, se agregan las gotitas de agua de las nubes formándose gotas más gruesas que caen al suelo dando lugar al fenómeno que se conoce como "precipitación horizontal".

Debido a la altitud de la dorsal que separa la ladera de barlovento de la de sotavento, en el Valle de la Orotava el mar de nubes sólo entra en contacto lateralmente con la superficie del terreno, posibilitando que se forme una franja relativamente estrecha de vegetación de laurisilva; mientras, en la península de Anaga, cuya altitud media equivale a la altitud a la que se forma el mar de nubes, inunda las cumbres, posibilitando que existan grandes extensiones de laurisilva.

Sin embargo, el mismo aire que garantiza la humedad a barlovento tiene un efecto contrario en las laderas de sotavento debido a que durante el ascenso a barlovento el aire se enfría y pierde la humedad, de manera que al descender por sotavento aumenta su temperatura a la vez que disminuye su humedad relativa dando lugar a un viento descendente (catabático) cálido y seco que reseca el ambiente, la vegetación y los cultivos cuyos efectos son negativos para la agricultura. En general, las laderas del sur de Tenerife, además de sufrir los vientos catabáticos cálidos y secos referidos, experimentan el efecto de las bajas precipitaciones y de las elevadas tasas de radiación solar, que acentúan la aridez del terreno y dificultan el desarrollo de la vegetación por falta de humedad y como consecuencia de la mineralización de la materia orgánica del suelo. No obstante, estas condiciones desfavorables para la agricultura resultan favorables para el "turismo de sol y de playa", que ha propiciado un importante desarrollo económico y que compite con la agricultura por el agua y por la mano de obra amenazando su subsistencia.



TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

SANTA CRUZ DE TENERIFE		Coordenadas UTM (m): 377.200 - 3.147.850; Altitud 18 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	19,7	20,0	21,4	21,0	22,5	24,1	26,0	28,1	27,3	24,6	22,6	20,7	23,2
	Media mín. diaria	14,4	14,2	15,0	15,5	16,7	18,3	19,9	21,0	20,9	19,2	17,2	15,6	17,3
	Media mensual	17,5	17,3	18,4	18,6	20,0	21,7	23,4	24,6	24,6	22,2	20,3	18,6	20,6
	Media oscilación diaria	5,3	5,8	6,4	5,5	5,8	5,8	6,1	7,2	6,4	5,4	5,4	5,1	5,9
Humedad (%)	Media máx. diaria	73,0	72,0	70,0	69,0	70,0	70,0	70,0	71,0	74,0	76,0	74,0	75,0	72,0
	Media mín. diaria	58,0	59,0	56,0	56,0	57,0	55,0	53,0	54,0	58,0	61,0	59,0	60,0	57,2
	Media mensual	65,5	65,5	63,0	62,5	63,5	62,5	61,5	62,5	66,0	68,5	66,5	67,5	64,6
	Media oscilación diaria	15,0	13,0	14,0	13,0	13,0	15,0	17,0	17,0	16,0	15,0	15,0	15,0	14,8
Precipitación (mm)	Media mensual	33,3	29,3	25,9	10,1	3,5	3,0	0,5	0,6	5,8	17,0	37,1	40,1	206,3

Tabla 4.11. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Sta Cruz de Tenerife. Elaboración propia a partir de datos del INM.

PUERTO DE LA CRUZ		Coordenadas UTM (m): 347.300 - 3.143.450; Altitud 23 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	19,2	19,1	20,3	19,3	20,8	21,8	24,0	25,5	25,9	24,0	22,1	20,3	21,9
	Media mín. diaria	12,4	12,6	13,3	13,3	15,0	17,4	19,0	19,7	19,9	17,5	15,5	13,7	15,8
	Media mensual	17,4	17,3	18,0	18,0	19,3	20,8	21,9	23,1	23,8	22,5	20,3	18,6	20,1
	Media oscilación diaria	6,8	6,5	7,0	6,1	5,8	4,3	5,0	5,8	6,0	6,5	6,6	6,6	6,1
Humedad (%)	Media máx. diaria	90,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	93,0	94,0	94,0	94,0	93,0	93,0	92,6
	Media mín. diaria	55,0	60,0	58,0	64,0	65,0	68,0	72,0	72,0	67,0	64,0	61,0	60,0	63,8
	Media mensual	72,5	76,0	75,0	78,0	78,5	80,0	82,5	83,0	80,5	79,0	77,0	76,5	78,2
	Media oscilación diaria	35,0	32,0	34,0	28,0	27,0	24,0	21,0	22,0	27,0	30,0	32,0	33,0	28,8
Precipitación (mm)	Media mensual	52,5	29,4	40,1	20,5	14,0	7,4	3,4	2,1	12,5	30,0	58,0	49,1	324,9

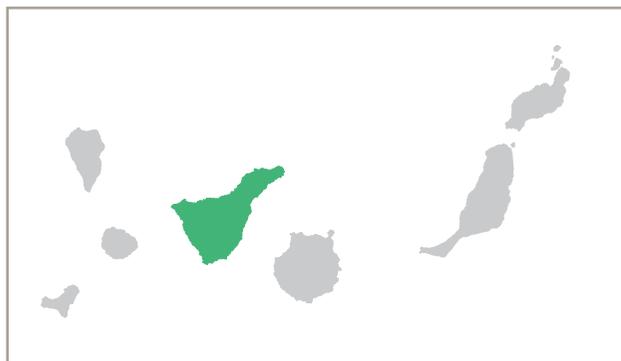
Tabla 4.12. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Puerto de la Cruz. Elaboración propia a partir de datos del INM.

TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN

La temperatura disminuye con la altitud, excepto cuando se producen fenómenos de inversión térmica. No obstante, el gradiente de variación de la precipitación con la altitud no es homogéneo, sino que varía en la vertiente N, la vertiente SO y la vertiente SE (los cambios se describen en el capítulo 3). Además, la variación de la temperatura mínima diaria se ve afectada por situaciones topográficas que propician la acumulación o canalización del aire frío producido al enfriarse la superficie del suelo durante las noches, particularmente los días despejados, en los cuales la radiación térmica de la Tierra es más intensa, llegando la temperatura a situarse por debajo de cero grados. Este aire más pesado se embalsa en hondonadas más o menos extensas en Las Cañadas, donde la temperatura puede ser más baja que en las zonas del entorno situadas a mayor altitud afectando a la vegetación y motivando la formación de rocío sobre las plantas y sobre el suelo, mientras que en sitios de mayor pendiente el aire frío se canaliza y discurre por los barrancos.

Las precipitaciones aumentan en general con la altitud, si bien este gradiente de variación se ve afectado por la capa de inversión de forma especialmente notable en las laderas de barlovento, en las que la pendiente de la variación de la precipitación con la altura pasa de ser positiva (aumenta la precipitación con la altitud) a negativa (la precipitación disminuye con la altitud) a partir de cierta altitud debido al efecto de la capa de inversión. A este respecto, la precipitación aumenta con la altura porque al ascender el aire inestable o forzado por el relieve éste se enfría, aumentando la probabilidad de que se produzcan nubes y precipitaciones, pero a partir de la altura media del límite inferior de la capa de inversión disminuye la probabilidad de que las nubes asciendan y de que se produzcan precipitaciones. Por ello, los valores más altos de precipitación no se dan en las cumbres del Teide, sino en torno a los 1600 m de altitud (figura 4.24). Además, por encima de los 2.000 m, parte de las precipitaciones se producen en forma de nieve.

Las estaciones situadas en el piso basal presentan valores elevados de humedad relativa, particularmente si están situadas a barlovento. Los valores más altos corresponden a las estaciones situadas a barlovento, entre los 500 y los 800 m de altitud, que es donde se forma el “mar de nubes”. Así, en La Laguna (tabla 4.20) la humedad media de las mínimas alcanza los valores más altos. Por el contrario, los valores más bajos de la media mensual de la humedad máxima diaria se producen en La Esperanza (tabla 4.22), aunque los valores más bajos tanto para las máximas como para las mínimas diarias se dan en la estación de Izaña (tabla 4.23) debido a que se encuentra por encima del mar de nubes en verano y en invierno.


TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

EL MÉDANO		Coordenadas UTM (m): 348.700 - 3.102.900; Altitud 34 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	21,5	21,6	23,1	21,9	23,1	24,1	27,2	28,5	28,1	25,9	24,3	22,3	24,3
	Media mín. diaria	15,1	15,1	16,1	15,6	16,8	19,1	20,4	21,1	21,5	20,0	18,4	16,4	18,0
	Media mensual	18,8	18,7	19,9	19,4	20,5	22,4	23,9	24,8	25,1	23,5	21,8	19,8	21,5
	Media oscilación diaria	6,2	6,7	7,3	6,5	6,6	6,4	7,4	7,6	7,3	6,7	6,2	6,1	6,8
Humedad (%)	Media máx. diaria	74,0	75,0	74,0	76,0	79,0	80,0	80,0	79,0	79,0	79,0	76,0	77,0	77,3
	Media mín. diaria	56,0	58,0	55,0	59,0	62,0	63,0	62,0	61,0	63,0	62,0	59,0	59,0	59,9
	Media mensual	65,0	66,5	64,5	67,5	70,5	71,5	71,0	70,0	71,0	70,5	67,5	68,0	68,6
	Media oscilación diaria	18,0	17,0	19,0	17,0	17,0	17,0	18,0	18,0	16,0	17,0	17,0	18,0	17,4
Precipitación (mm)	Media mensual	17,3	17,5	12,7	5,0	1,9	3,0	0,6	0,6	4,2	13,0	22,0	19,9	128,1

Tabla 4.13. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de El Médano. Elaboración propia a partir de datos del INM.

PLAYA DE LAS AMÉRICAS		Coordenadas UTM (m): 330.600 - 3.105.150; Altitud 46 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	21,6	21,7	23,2	21,9	23,1	24,1	27,3	28,5	28,2	25,9	24,4	22,4	24,4
	Media mín. diaria	15,3	15,3	16,2	15,7	16,9	19,2	20,4	21,2	21,6	20,1	18,5	16,5	18,1
	Media mensual	18,9	18,9	20,0	19,5	20,5	22,5	23,9	24,9	25,2	23,6	22,0	19,9	21,6
	Media oscilación diaria	6,3	6,4	6,9	6,2	6,2	4,9	6,9	7,3	6,6	5,9	5,8	5,9	6,3
Humedad (%)	Media máx. diaria	81,0	83,0	84,0	81,0	83,0	83,0	86,0	88,0	85,0	85,0	83,0	83,0	83,8
	Media mín. diaria	52,0	53,0	55,0	58,0	62,0	62,0	63,0	63,0	62,0	60,0	54,0	56,0	58,3
	Media mensual	66,5	68,0	69,5	69,5	72,5	72,5	74,5	75,5	73,5	72,5	68,5	69,5	71,0
	Media oscilación diaria	29,0	30,0	29,0	23,0	21,0	21,0	23,0	25,0	23,0	25,0	29,0	27,0	25,4
Precipitación (mm)	Media mensual	20,0	16,9	14,6	1,4	1,8	3,0	0,6	0,4	3,5	10,7	32,0	24,1	138,9

Tabla 4.14. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Playa de las Américas. Elaboración propia a partir de datos del INM.

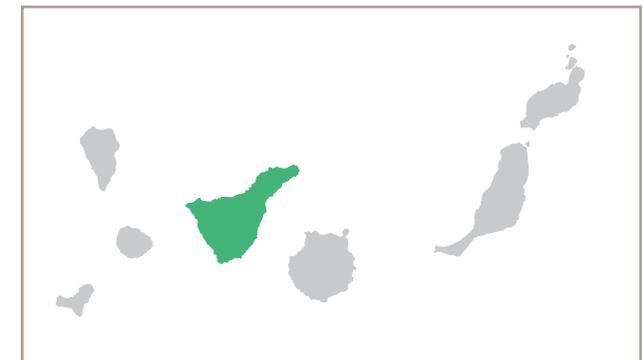
TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

PUERTO DE SANTIAGO		Coordenadas UTM (m): 319.750 - 3.124.450; Altitud 74 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	21,3	21,5	23,0	21,8	23,0	24,0	27,2	28,5	28,0	25,7	24,1	22,2	24,2
	Media mín. diaria	14,9	15,0	15,9	15,4	16,7	18,9	20,0	21,0	21,4	19,8	18,2	16,2	17,8
	Media mensual	18,6	18,6	19,8	19,2	20,3	22,3	23,8	24,8	25,0	23,3	21,6	19,6	21,4
	Media oscilación diaria	6,4	6,5	7,0	6,3	6,3	5,1	7,2	7,4	6,7	6,0	5,9	5,9	6,4
Humedad (%)	Media máx. diaria	79,0	81,0	86,0	86,0	87,0	90,0	92,0	94,0	91,0	89,0	84,0	84,0	86,9
	Media mín. diaria	49,0	53,0	55,0	57,0	60,0	64,0	65,0	65,0	64,0	61,0	54,0	55,0	58,5
	Media mensual	64,0	67,0	70,5	71,5	73,5	77,0	78,5	79,5	77,5	75,0	69,0	69,5	72,7
	Media oscilación diaria	30,0	28,0	31,0	29,0	27,0	26,0	27,0	29,0	27,0	28,0	30,0	29,0	28,4
Precipitación (mm)	Media mensual	17,9	17,7	14,4	0,9	1,6	3,0	0,6	0,4	2,5	9,7	41,6	35,5	145,8

Tabla 4.15. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Pto. de Santiago. Elaboración propia a partir de datos del INM.

GÜIMAR		Coordenadas UTM (m): 361.600 - 3.133.650; Altitud 323 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	17,9	18,3	19,9	19,6	21,4	23,1	26,2	27,4	26,1	23,0	20,9	19,0	21,9
	Media mín. diaria	11,8	11,8	12,7	12,8	14,2	15,8	18,1	19,1	18,6	16,6	14,7	13,1	14,9
	Media mensual	14,9	15,0	16,3	16,3	17,8	19,5	22,1	23,1	22,6	19,8	17,8	16,1	18,4
	Media oscilación diaria	6,1	6,5	7,1	6,8	7,2	7,3	8,1	8,3	7,5	6,4	6,2	5,8	6,9
Humedad (%)	Media máx. diaria	86,0	86,0	84,0	87,0	87,0	87,0	85,0	86,0	88,0	90,0	86,0	88,0	86,7
	Media mín. diaria	51,0	51,0	48,0	53,0	54,0	53,0	49,0	49,0	53,0	57,0	53,0	53,0	52,0
	Media mensual	68,5	68,5	66,0	70,0	70,5	70,0	67,0	67,5	70,5	73,5	69,5	70,5	69,3
	Media oscilación diaria	35,0	35,0	36,0	34,0	33,0	34,0	36,0	37,0	35,0	33,0	33,0	35,0	34,7
Precipitación (mm)	Media mensual	42,6	53,4	28,1	9,0	4,9	4,4	3,7	0,8	9,4	19,1	30,2	56,3	262,0

Tabla 4.16. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Güimar. Elaboración propia a partir de datos del INM.



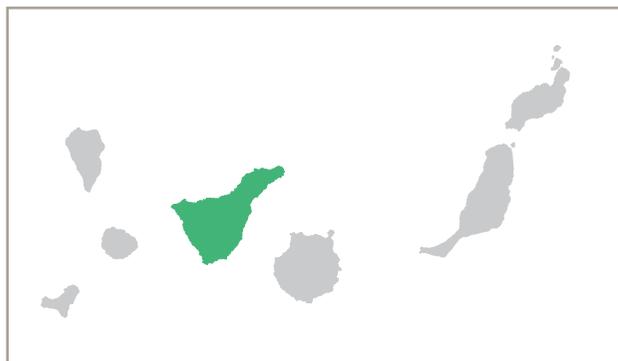
TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

LA OROTAVA		Coordenadas UTM (m): 350.200 - 3.140.300; Altitud 450 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	17,3	17,3	18,7	18,1	19,7	21,0	22,6	24,5	24,8	22,2	20,2	18,4	20,4
	Media mín. diaria	10,4	10,5	11,4	11,4	12,4	15,3	16,2	17,1	17,2	15,4	13,4	11,6	13,4
	Media mensual	14,2	14,3	15,4	15,1	16,5	17,9	19,6	21,1	21,3	19,1	17,1	15,4	17,3
	Media oscilación diaria	6,9	6,8	7,3	6,7	7,3	5,8	6,4	7,3	7,6	6,8	6,8	6,8	6,9
Humedad (%)	Media máx. diaria	89,0	91,0	91,0	93,0	92,0	92,0	93,0	94,0	93,0	93,0	92,0	91,0	92,0
	Media mín. diaria	56,0	60,0	58,0	64,0	65,0	68,0	71,0	70,0	67,0	64,0	61,0	60,0	63,7
	Media mensual	72,5	75,5	74,5	78,5	78,5	80,0	82,0	82,0	80,0	78,5	76,5	75,5	77,8
	Media oscilación diaria	33,0	31,0	33,0	29,0	27,0	24,0	22,0	24,0	26,0	29,0	31,0	31,0	28,3
Precipitación (mm)	Media mensual	74,3	46,9	54,4	34,0	26,2	10,6	2,8	3,2	22,7	47,3	74,9	76,2	473,6

Tabla 4.17. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de La Orotava. Elaboración propia a partir de datos del INM.

TACORONTE		Coordenadas UTM (m): 361.200 - 3.150.650; Altitud 527 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	16,8	16,9	18,4	17,8	19,5	20,9	22,3	24,3	24,5	21,8	19,8	18,0	20,1
	Media mín. diaria	9,9	10,1	11,0	11,0	11,8	13,6	15,6	16,6	16,6	14,9	12,9	11,2	12,9
	Media mensual	13,5	13,6	14,9	14,4	15,9	17,3	19,2	20,7	20,0	18,3	16,4	14,6	16,6
	Media oscilación diaria	7,0	6,8	7,3	6,8	7,7	7,2	6,7	7,7	7,9	6,9	6,9	6,8	7,1
Humedad (%)	Media máx. diaria	83,0	88,0	88,0	92,0	93,0	94,0	94,0	95,0	95,0	91,0	84,0	87,0	90,3
	Media mín. diaria	49,0	52,0	55,0	59,0	61,0	65,0	66,0	63,0	62,0	57,0	51,0	54,0	57,8
	Media mensual	66,0	70,0	71,5	75,5	77,0	79,5	80,0	79,0	78,5	74,0	67,5	70,5	74,1
	Media oscilación diaria	34,0	36,0	33,0	33,0	32,0	29,0	28,0	32,0	33,0	34,0	33,0	33,0	32,5
Precipitación (mm)	Media mensual	81,9	58,6	60,2	37,4	25,5	12,8	4,2	7,5	0,0	56,9	85,1	88,3	542,6

Tabla 4.18. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Tacoronte. Elaboración propia a partir de datos del INM.



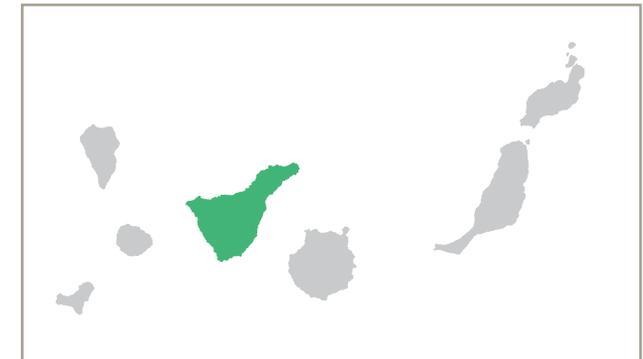
TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

GUÍA DE ISORA		Coordenadas UTM (m): 324.950 - 3.122.050; Altitud 536 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	18,8	19,1	20,8	20,1	21,6	23,2	26,3	27,8	26,6	23,5	21,5	19,6	22,4
	Media mín. diaria	11,5	11,7	13,0	12,6	14,1	15,6	18,4	19,5	18,9	16,5	14,7	12,9	14,9
	Media mensual	15,2	15,4	17,0	16,4	17,9	19,2	22,4	23,7	22,6	20,1	18,2	16,3	18,7
	Media oscilación diaria	7,3	7,4	7,8	7,5	7,5	7,6	7,9	8,3	7,7	7,0	6,9	6,7	7,5
Humedad (%)	Media máx. diaria	80,0	80,0	79,0	88,0	88,0	91,0	87,0	85,0	89,0	86,0	82,0	84,0	84,9
	Media mín. diaria	45,0	44,0	42,0	48,0	49,0	51,0	42,0	41,0	49,0	50,0	48,0	48,0	46,4
	Media mensual	62,5	62,0	60,5	68,0	68,5	71,0	64,5	63,0	69,0	68,0	65,0	66,0	65,7
	Media oscilación diaria	35,0	36,0	37,0	40,0	39,0	40,0	45,0	44,0	40,0	36,0	34,0	36,0	38,5
Precipitación (mm)	Media mensual	30,5	23,1	20,3	3,6	3,0	3,0	0,6	0,4	4,2	17,0	52,7	56,5	214,9

Tabla 4.19. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Guía de Isora. Elaboración propia a partir de datos del INM.

LA LAGUNA		Coordenadas UTM (m): 371.000 - 3.150.850; Altitud 544 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	16,7	17,1	18,8	18,8	20,6	22,5	26,0	27,0	25,4	21,9	19,7	17,7	21,0
	Media mín. diaria	10,1	10,1	11,2	11,0	12,5	14,1	17,0	17,8	17,1	14,7	12,9	11,4	13,3
	Media mensual	13,1	13,4	14,9	14,7	16,2	18,0	21,2	22,2	21,1	18,1	16,1	14,3	17,0
	Media oscilación diaria	5,6	6,4	6,8	6,8	6,7	6,9	8,1	8,0	7,6	6,8	5,9	5,2	6,7
Humedad (%)	Media máx. diaria	85,0	83,0	80,0	84,0	84,0	85,0	84,0	81,0	83,0	85,0	84,0	86,0	83,7
	Media mín. diaria	68,0	65,0	62,0	63,0	61,0	61,0	58,0	54,0	58,0	64,0	65,0	70,0	62,4
	Media mensual	76,5	74,0	71,0	73,5	72,5	73,0	71,0	67,5	70,5	74,5	74,5	78,0	73,0
	Media oscilación diaria	17,0	18,0	18,0	21,0	23,0	24,0	26,0	27,0	25,0	21,0	19,0	16,0	21,3
Precipitación (mm)	Media mensual	81,2	71,3	72,2	41,6	29,1	17,1	7,3	7,1	0,0	48,5	88,5	88,1	579,0

Tabla 4.20. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de La Laguna. Elaboración propia a partir de datos del INM.



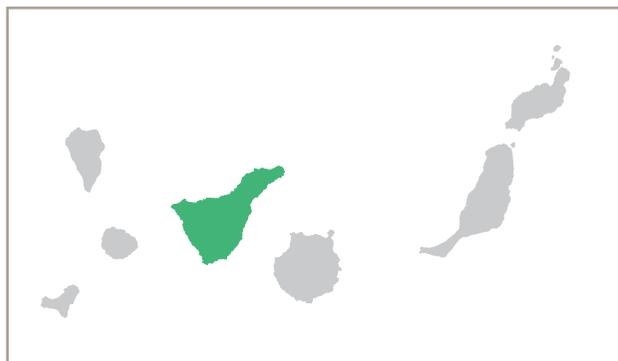
TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

GRANADILLA		Coordenadas UTM (m): 345.500 - 3.111.500; Altitud 588 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	18,4	18,7	20,4	19,8	21,4	23,0	25,0	27,7	27,4	24,8	21,1	19,1	22,1
	Media mín. diaria	10,9	11,1	12,5	12,1	13,6	14,9	18,0	19,2	18,4	15,9	14,0	12,2	14,4
	Media mensual	14,6	14,8	16,4	15,9	17,4	18,6	22,0	23,5	22,2	19,5	17,5	15,6	18,2
	Media oscilación diaria	7,5	7,6	7,9	7,7	7,8	8,1	7,0	8,5	9,0	8,9	7,0	6,9	7,8
Humedad (%)	Media máx. diaria	85,0	84,0	84,0	90,0	90,0	90,0	86,0	87,0	90,0	90,0	86,0	89,0	87,6
	Media mín. diaria	48,0	48,0	48,0	53,0	54,0	54,0	46,0	46,0	52,0	55,0	51,0	52,0	50,6
	Media mensual	66,5	66,0	66,0	71,5	72,0	72,0	66,0	66,5	71,0	72,5	68,5	70,5	69,1
	Media oscilación diaria	37,0	36,0	36,0	37,0	36,0	36,0	40,0	41,0	38,0	35,0	35,0	37,0	37,0
Precipitación (mm)	Media mensual	24,7	23,1	25,0	6,5	1,6	3,2	0,6	0,6	5,4	15,0	38,0	33,4	194,7

Tabla 4.21. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Granadilla. Elaboración propia a partir de datos del INM.

LA ESPERANZA		Coordenadas UTM (m): 366.200 - 3.147.050; Altitud 932 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	14,6	15,1	17,0	17,2	19,2	21,2	25,1	26,0	24,0	21,0	17,7	15,6	19,4
	Media mín. diaria	7,1	7,2	8,5	7,8	9,5	11,2	14,7	16,0	14,3	11,6	9,9	8,4	10,5
	Media mensual	10,0	10,7	12,4	11,9	13,5	15,4	19,5	20,4	19,0	16,0	14,0	12,0	14,3
	Media oscilación diaria	7,5	7,8	8,4	9,3	9,7	10,1	10,4	10,0	9,6	9,4	7,8	7,2	8,9
Humedad (%)	Media máx. diaria	96,0	94,0	91,0	94,0	93,0	90,0	77,0	80,0	90,0	95,0	93,0	97,0	90,8
	Media mín. diaria	64,0	61,0	58,0	59,0	56,0	52,0	40,0	39,0	50,0	61,0	63,0	66,0	55,8
	Media mensual	80,0	77,5	74,5	76,5	74,5	71,0	58,5	59,5	70,0	78,0	78,0	81,5	73,3
	Media oscilación diaria	32,0	33,0	33,0	35,0	37,0	38,0	37,0	41,0	40,0	34,0	30,0	31,0	35,1
Precipitación (mm)	Media mensual	97,1	84,2	90,1	64,4	38,2	19,1	7,8	7,9	31,4	0,0	102,9	123,9	723,7

Tabla 4.22. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de La Esperanza. Elaboración propia a partir de datos del INM.

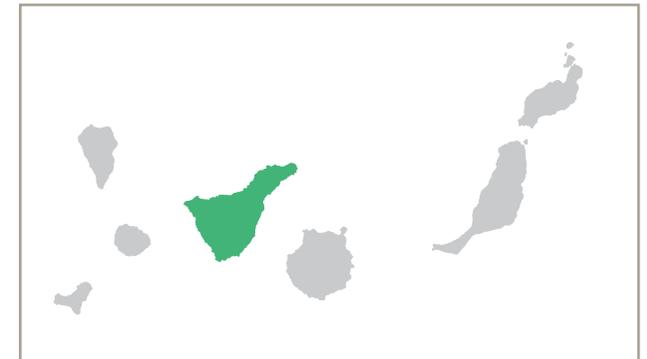


TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN**IZAÑA**

Coordenadas UTM (m): 352.693 - 3.132.124; Altitud 2375 m

Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	4,0	5,0	6,0	7,0	10,0	13,0	18,0	18,0	14,0	10,0	7,0	5,0	10,0
	Media mín. diaria	8,0	8,0	10,0	11,0	14,0	18,0	23,0	22,0	18,0	14,0	10,0	8,0	14,0
	Media mensual	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0	9,0	13,0	13,0	10,0	6,0	3,0	1,0	6,0
	Media oscilación diaria	6,6	7,0	7,6	8,3	8,8	9,1	9,2	9,0	8,4	7,3	6,5	6,2	7,9
Humedad (%)	Media máx. diaria	2,8	53,1	52,9	46,7	40,0	35,5	27,9	31,8	44,9	56,0	57,1	56,4	46,3
	Media mín. diaria	54,7	53,0	52,4	47,3	43,9	37,4	27,2	30,6	45,1	56,9	58,0	56,8	46,9
	Media mensual	53,8	53,0	52,7	47,0	42,0	36,5	27,5	31,2	45,0	56,4	57,5	56,6	46,6
	Media oscilación diaria	-1,9	0,1	0,6	-0,6	-3,9	-1,9	0,7	1,2	-0,2	-0,9	-1,0	-0,4	-0,7
Precipitación (mm)	Media mensual	91,0	73,0	56,0	29,0	16,0	1,0	0,0	2,0	19,0	38,0	92,0	87,0	503,0

Tabla 4.23. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Izaña. Elaboración propia a partir de datos del INM.



VIENTO

El viento dominante en Canarias, particularmente durante el verano, es el alisio de componente NE, si bien bajo determinadas situaciones dominan los vientos de otros componentes como sucede durante los temporales fríos del norte en los que son dominantes los vientos de componente N; durante los temporales y borrascas del oeste, en los que dominan los vientos de componente O, y durante las situaciones de tiempo sur, en que dominan los vientos de componente S.

El modelo general referido se cumple a cierta altura del suelo y cuando la topografía no interfiere sobre el flujo de los vientos dominantes, como sucede en la estación del aeropuerto Reina Sofía (figura 4.25) y en la de Puerto de La Cruz (figura 4.26) en las que son frecuentes los vientos de componente NE.

No obstante, el relieve puede modificar la distribución de los vientos, como en el caso de la estación de Santa Cruz de Tenerife, que se encuentra protegida del alisio del NE por la cordillera de Anaga y afectada por los vientos catabáticos del norte canalizados desde La Laguna (figura 4.27). Algo similar sucede en Los Rodeos (La Laguna), donde aumenta la frecuencia de los vientos de componente NO debido a que la estación se encuentra localizada sobre un "collado" en forma de "silla de montar" que canaliza el aire en dicha dirección (figura 4.28).

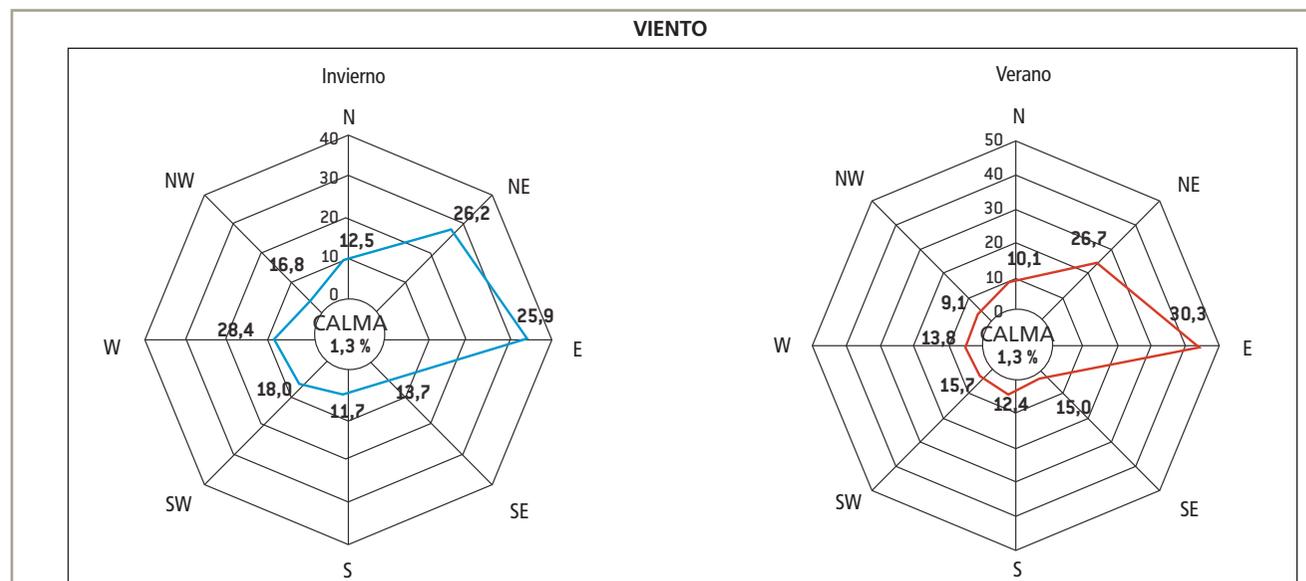
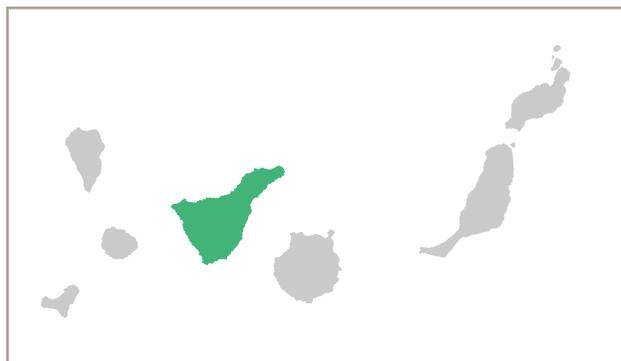


Figura 4.25. Dirección y velocidad del viento en Granadilla de Abona (Aeropuerto) durante el invierno y el verano. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

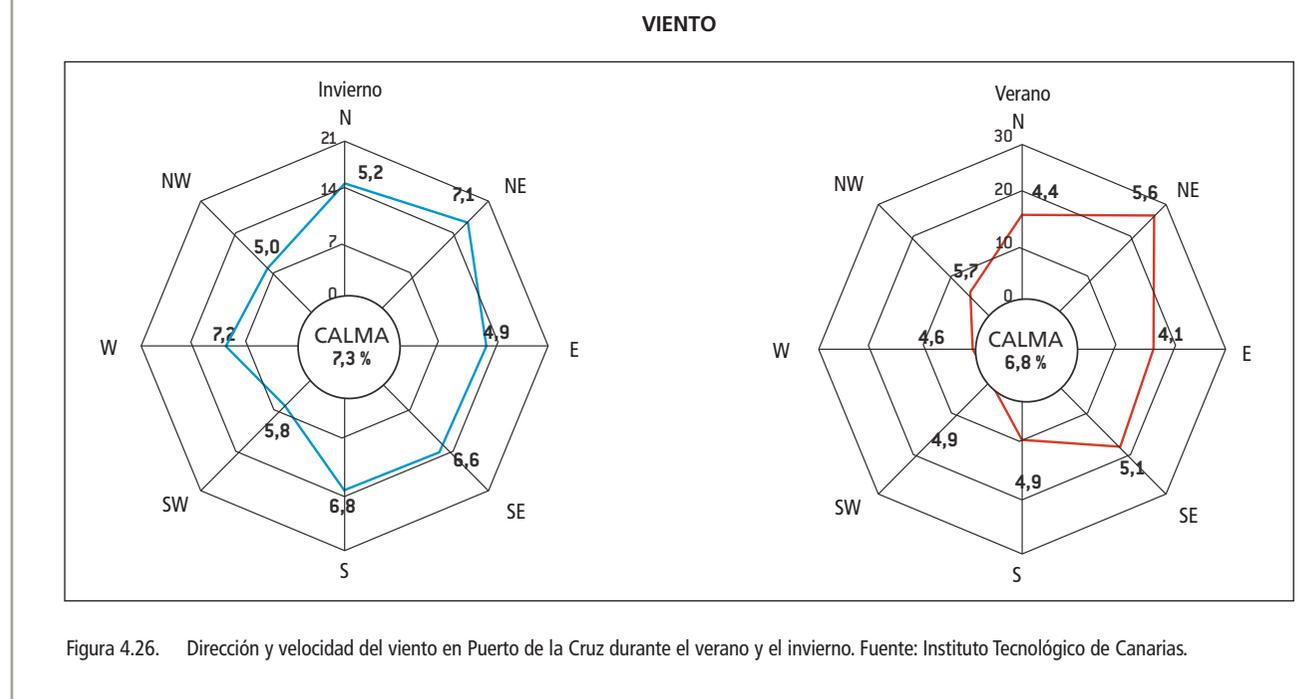


Figura 4.26. Dirección y velocidad del viento en Puerto de la Cruz durante el verano y el invierno. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

VIENTO

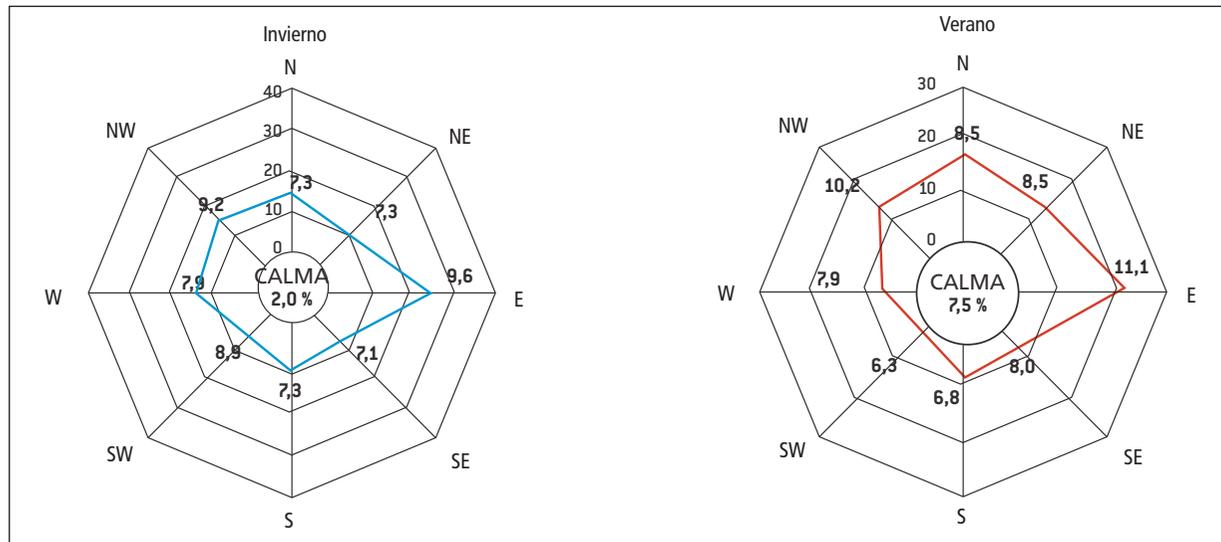


Figura 4.27. Dirección y velocidad del viento en Santa Cruz de Tenerife durante el invierno y el verano. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

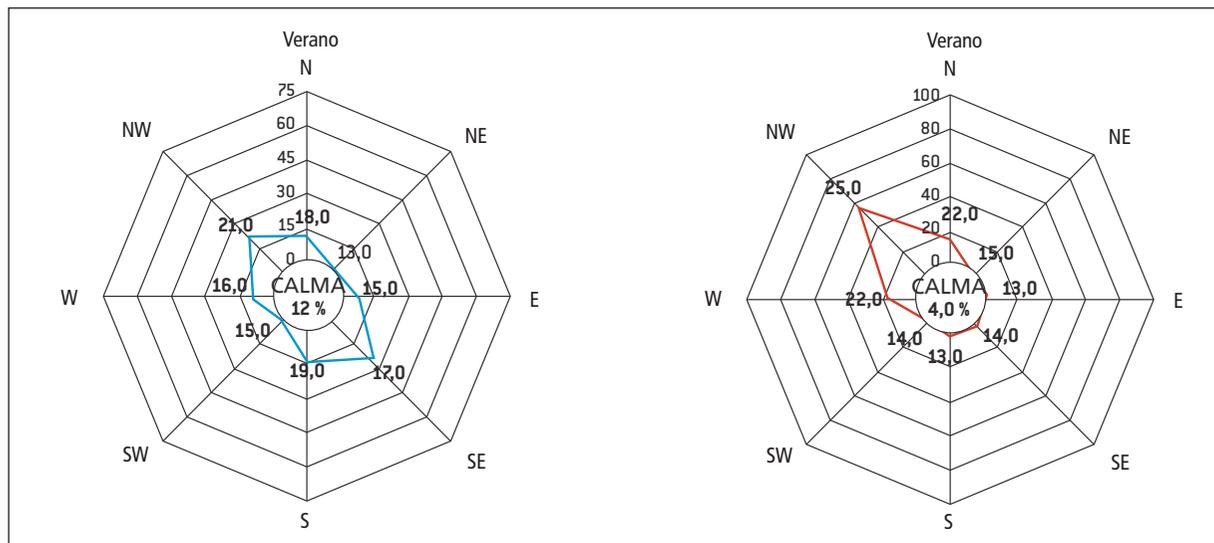
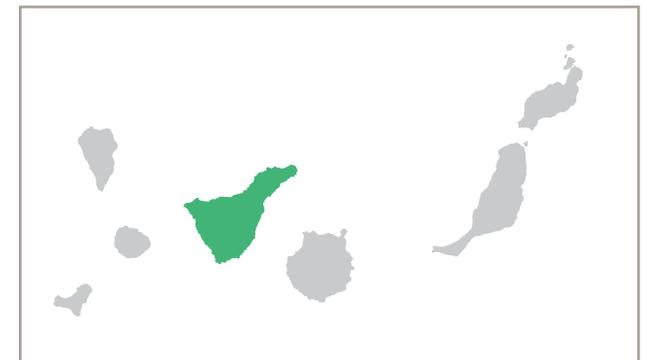


Figura 4.28. Dirección y velocidad del viento en La Laguna (Aeropuerto) durante el invierno y el verano. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.



RADIACIÓN

Los valores más altos de irradiación corresponden a las estaciones localizadas a barlovento, como Granadilla (figura 4.29) y Santiago del Teide (figura 4.30).

Por el contrario, los más bajos corresponden a estaciones situadas a barlovento como consecuencia de que en éstos el alisio y la nubosidad aumentan en verano menos que en otras estaciones, como sucede en La Laguna (figura 4.31) y en Puerto de la Cruz (figura 4.32) que, además, se ven afectadas por la disminución del soleamiento debido a las obstrucciones que produce la topografía. Sin embargo, los valores no son menos bajos que en Valverde (El Hierro) debido a que esta estación se encuentra particularmente inmersa en el mar de nubes y claramente orientada a barlovento.

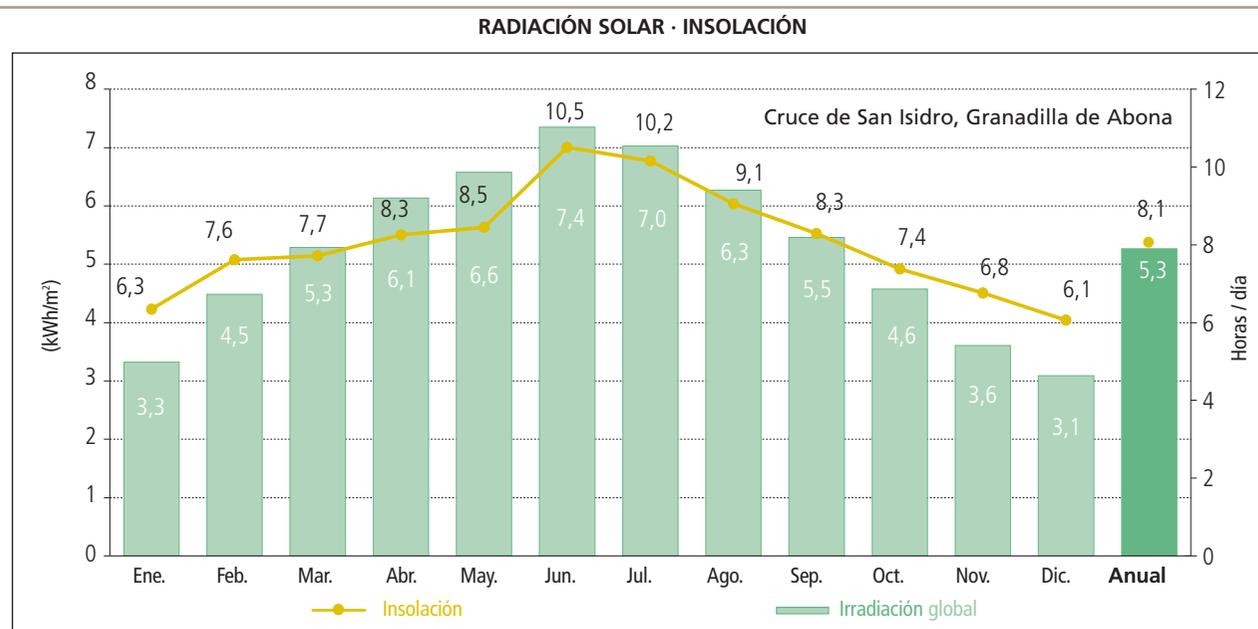
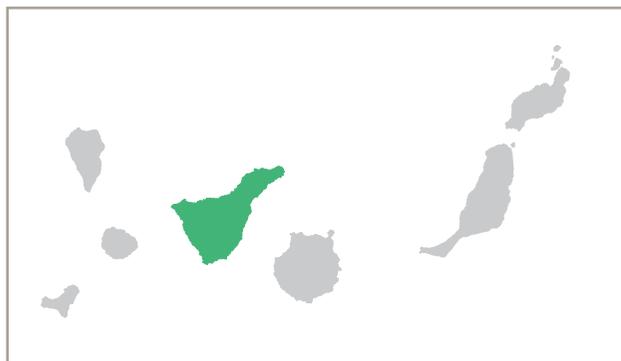


Figura 4.29. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Granadilla. Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

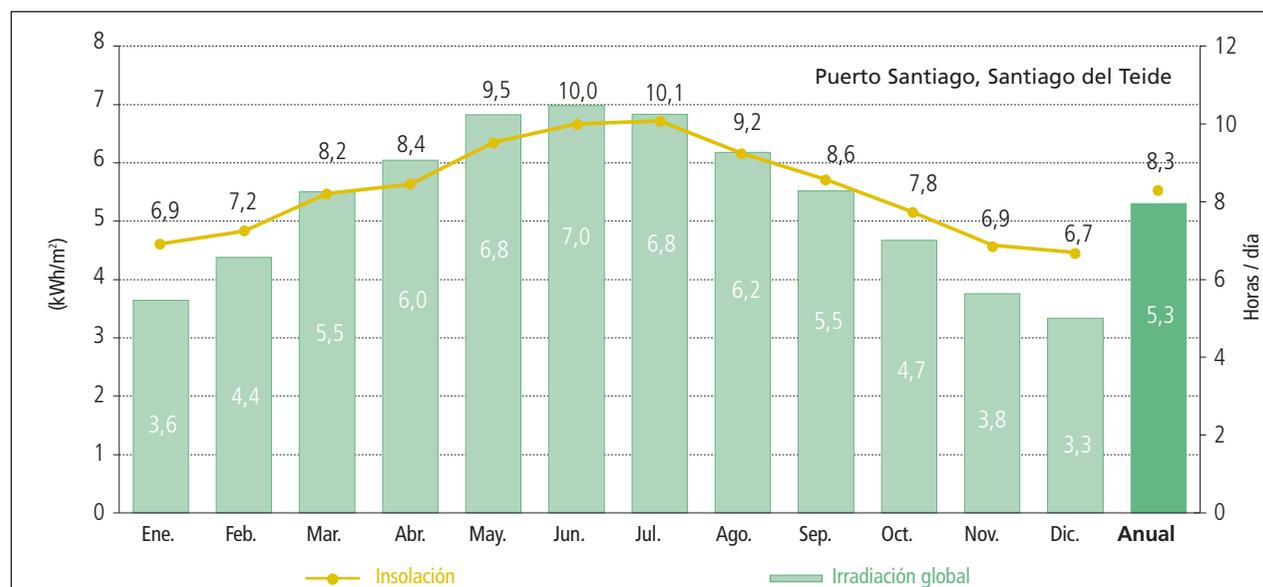


Figura 4.30. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Puerto Santiago. Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

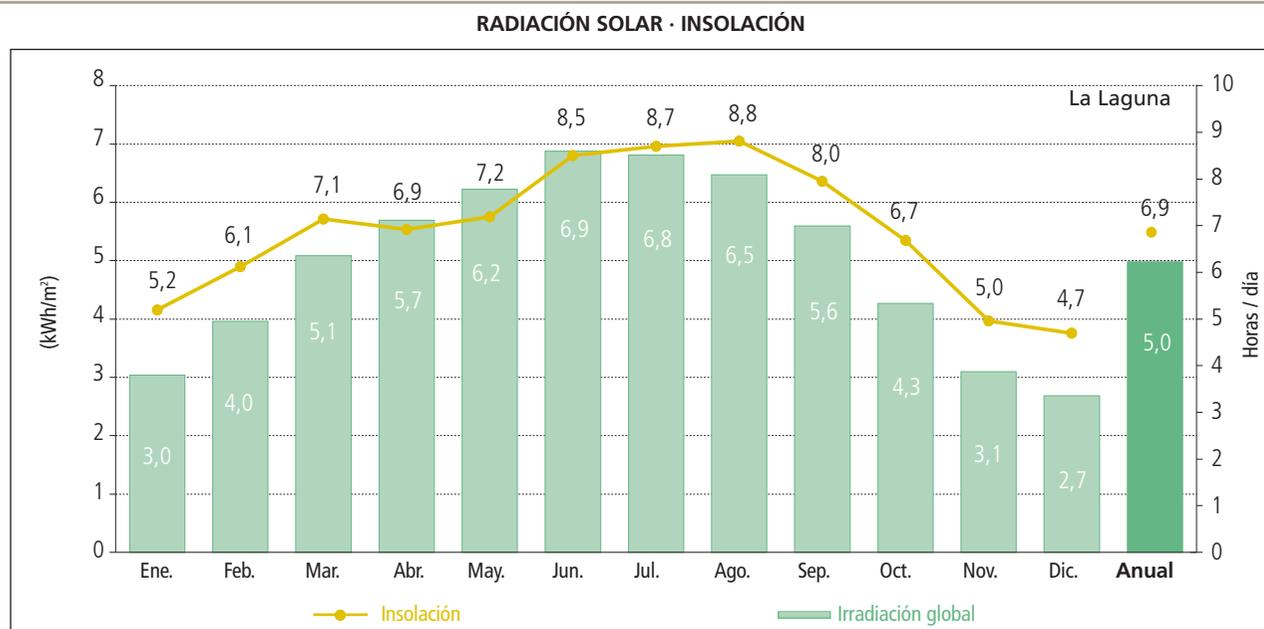


Figura 4.31. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en La Laguna. Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

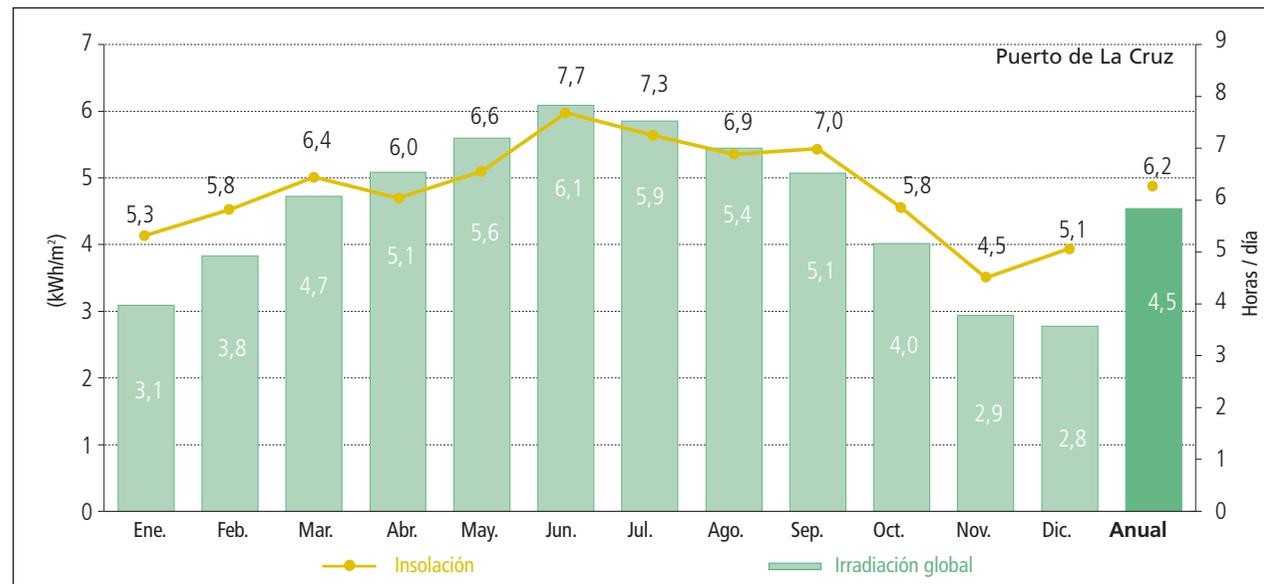
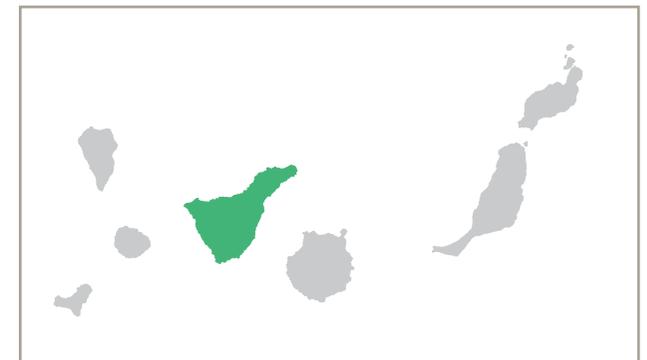


Figura 4.32. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Puerto de La Cruz. Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.



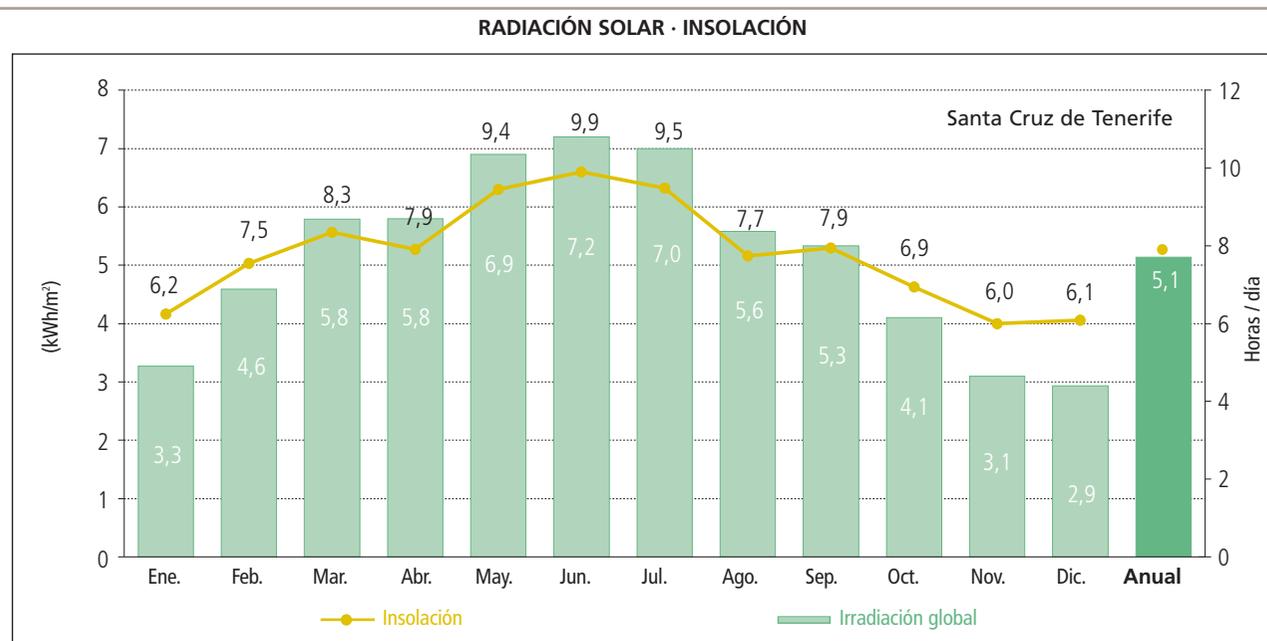
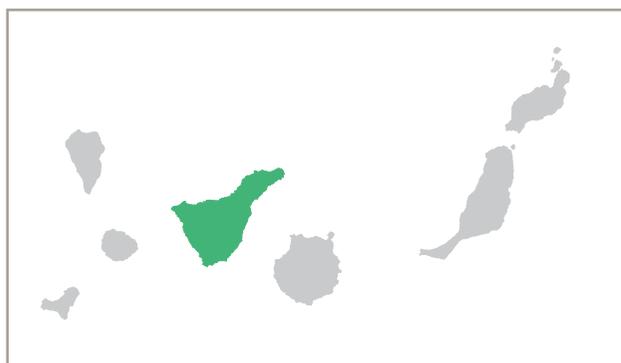


Figura 4.33. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Santa Cruz de Tenerife. Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.



5. ISLAS ORIENTALES

J.P. de Nicolás Sevillano, P. G. Cabrera Oliva, F. Ferrer Ferrer

GRAN CANARIA

Se describen las características climáticas específicas de Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote condicionadas por su distancia al continente africano, por el perfil altitudinal y por su morfología redonda o alargada, a la vez que se suministra la información utilizada para elaborar los diagramas bioclimáticos de Olgay y de Givoni de una serie de estaciones representativas de las tres islas que se analizan en la segunda parte del manual.

PARTICULARIDADES Y LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES

Gran Canaria presenta características climáticas específicas condicionadas por su distancia al continente africano y a la corriente de Canarias, por su perfil altitudinal piramidal con cumbrones que alcanzan los 1950 m, y por su forma redondeada que se extiende por una superficie de 1532 km² (figura 5.1).

Al llegar las cumbres al límite inferior de la inversión, tanto en verano como en invierno, a barlovento se forma un "mar de nubes" permanente que, debido a la forma redondeada de la isla, se extiende por gran parte de la mitad NE contribuyendo a conferir un paisaje relativamente verde a este sector en el que tradicionalmente se han concentrado las actividades agrícolas, industriales y los primeros desarrollos turísticos.

Al encontrarse la mitad NE a barlovento del alisio, éste suministra un aire húmedo que asciende por las laderas y se enfría, comenzando a condensarse la humedad cuando se alcanza la temperatura del punto de rocío y formándose el "mar de nubes" hasta que el aire ascendente alcanza la capa inferior de la inversión, que impide el ascenso del aire y la formación de nubes. Así, cuando el mar de nubes alcanza cierto espesor, las zonas situadas por debajo del mar de nubes gozan de un ambiente más

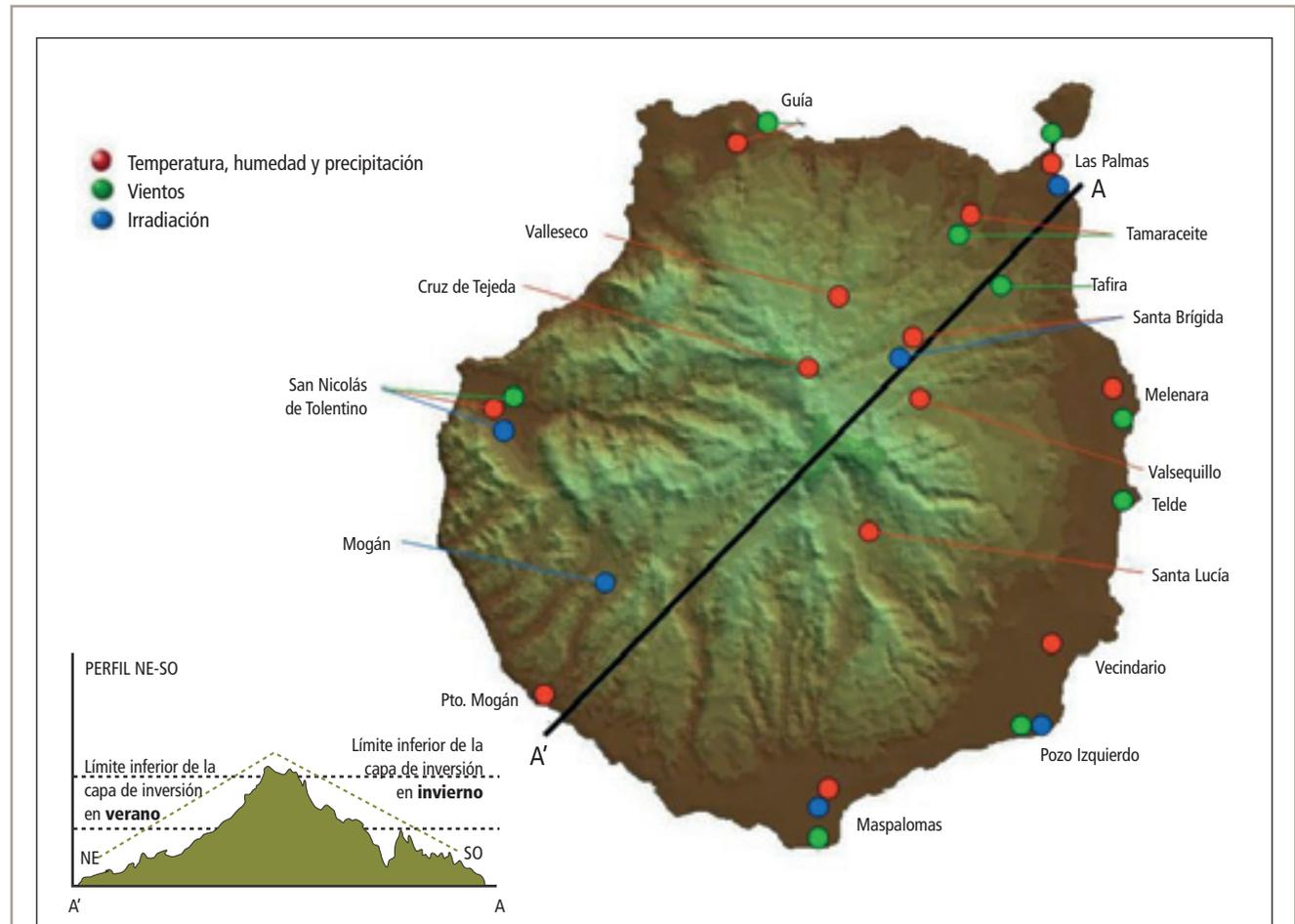


Figura 5.1. Fisiografía y localización de las estaciones climatológicas. El vértice del perfil piramidal alcanza el límite inferior de la capa de inversión en verano y en invierno propiciando la formación del mar de nubes, lo que unido a la planta redondeada de la isla contribuye a la diferencia climática y paisajística de dos sectores: el NE y el SO.

Temperatura media anual

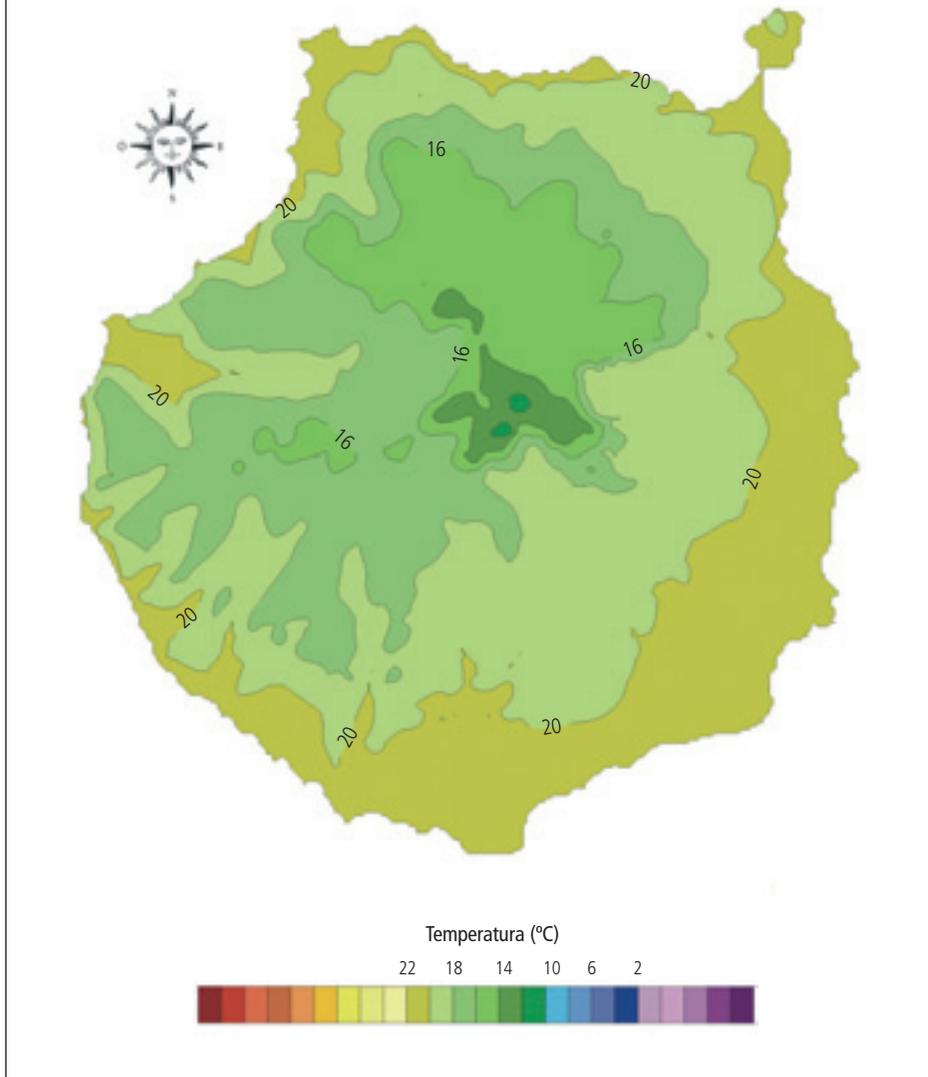


Figura 5.2. Temperatura media anual. Elaboración propia a partir de datos del INM.

Precipitación anual

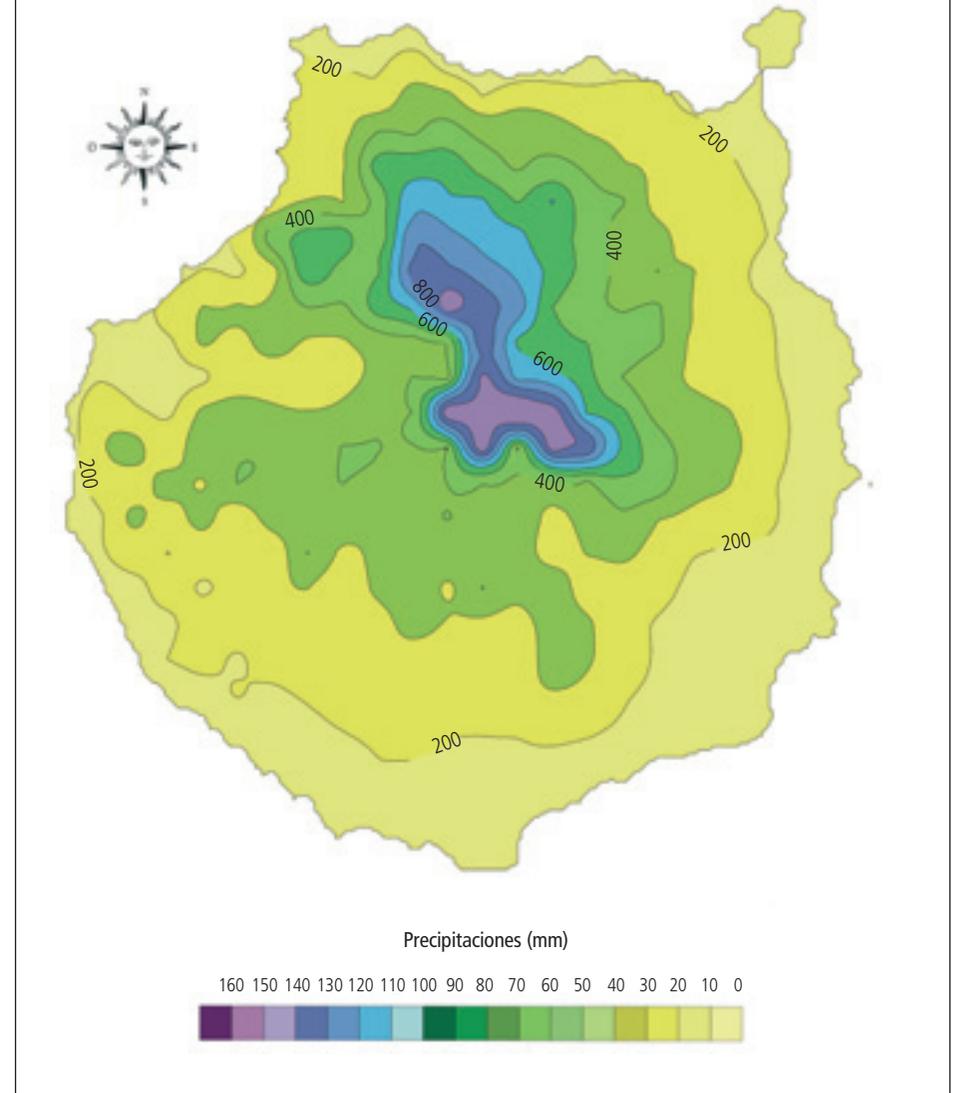


Figura 5.3. Precipitación media anual. Elaboración propia a partir de datos del INM.

húmedo y con menor radiación, lo que posibilita un paisaje verde y que el desarrollo de una agricultura de secano que antaño desempeñó un importante papel económico. Además, estas características climáticas y paisajísticas contribuyeron a principios del siglo XX a que diferentes informes médicos valoraran que el entorno de Las Palmas en Gran Canaria y el de Puerto de la Cruz en Tenerife reunían las mejores condiciones para el turismo residencial y médico dominante en la época, iniciándose su desarrollo en torno a Las Palmas y al Puerto de la Cruz, pero no en Santa Cruz de Tenerife al considerarse que su clima resultaba demasiado caluroso en verano.

La mitad SO de Gran Canaria, por el contrario, al estar situada a sotavento del alisio, recibe menor precipitación y no queda protegida de la radiación por el mar de nubes, viéndose castigada por una intensa radiación que acelera la mineralización de la materia orgánica de los suelos posibilitando fuertes procesos erosivos que contribuyen a que el paisaje resulte árido y poco adecuado para la agricultura de secano, que prácticamente ha desaparecido. Sin embargo, estas mismas condiciones contribuyen a que resulte adecuada para la agricultura de exportación, si se dispone de agua para el riego, y para el turismo de sol y playa. Éste ha experimentado un extraordinario desarrollo en las zonas costeras y compite con éxito con la agricultura de exportación por el agua, la mano de obra y la inversión pública y privada, corriéndose el peligro de que pueda desaparecer toda actividad agrícola con la consiguiente pérdida de diversidad económica, cultural y paisajística.



TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

LAS PALMAS DE GRAN CANARIA		Coordenadas UTM (m): 358.100. - 3.112.100; Altitud 27 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	20,7	20,6	21,4	21,8	22,7	23,8	24,8	25,9	26,2	25,8	23,8	21,5	23,3
	Media mín. diaria	15,9	15,8	16,2	16,9	18,1	19,3	20,7	21,6	21,5	20,8	19,0	16,9	18,6
	Media mensual	18,3	18,2	18,8	19,3	20,4	21,5	22,8	23,8	23,8	23,3	21,4	19,2	20,9
	Media oscilación diaria	4,8	4,8	5,2	4,9	4,6	4,5	4,1	4,3	4,7	5,0	4,8	4,6	4,7
Humedad (%)	Media máx. diaria	79,8	82,5	86,3	85,0	86,0	87,0	92,5	90,1	87,9	85,4	84,1	84,4	85,9
	Media mín. diaria	64,0	67,0	71,0	72,0	71,0	75,0	79,0	76,0	72,0	68,0	67,0	68,0	70,8
	Media mensual	71,9	74,8	78,7	78,5	78,5	81,0	85,8	83,1	79,9	76,7	75,6	76,2	78,4
	Media oscilación diaria	15,8	15,5	15,3	13,0	15,0	12,0	13,5	14,1	15,9	17,4	17,1	16,4	15,1
Precipitación (mm)	Media mensual	20,8	27,6	9,9	5,0	4,0	4,5	1,8	1,6	5,2	14,0	14,0	21,5	129,9

Tabla 5.1. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Las Palmas de Gran Canaria. Elaboración propia a partir de datos del INM.

MASPALOMAS		Coordenadas UTM (m): 441.800 - 3.071.450; Altitud 42 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	20,8	21,4	22,8	22,8	23,0	24,8	26,6	27,5	27,5	25,9	22,2	20,0	23,8
	Media mín. diaria	12,9	13,0	13,9	14,0	15,1	16,9	18,3	19,0	19,0	17,7	16,0	14,0	15,8
	Media mensual	17,7	17,8	18,8	19,0	19,9	22,0	24,2	25,5	24,3	22,7	21,4	18,8	21,0
	Media oscilación diaria	7,9	8,4	8,8	8,8	7,9	7,9	8,3	8,5	8,5	8,2	6,2	6,0	7,9
Humedad (%)	Media máx. diaria	77,0	71,0	73,0	82,0	83,0	88,0	92,0	91,0	90,0	86,0	76,0	78,0	82,3
	Media mín. diaria	60,0	55,0	57,0	64,0	66,0	71,0	73,0	76,0	71,0	67,0	62,0	64,0	65,5
	Media mensual	68,5	63,0	65,0	73,0	74,5	79,5	82,5	83,5	80,5	76,5	69,0	71,0	73,9
	Media oscilación diaria	17,0	16,0	16,0	18,0	17,0	17,0	19,0	15,0	19,0	19,0	14,0	14,0	16,8
Precipitación (mm)	Media mensual	10,4	15,8	19,1	6,6	2,4	4,6	2,9	3,4	5,0	18,3	25,9	33,6	147,9

Tabla 5.2. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Maspalomas. Elaboración propia a partir de datos del INM.

TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN

La distribución de la temperatura media anual (figura 5.2) varía inversamente con la altitud, excepto en el caso de producir inversiones térmicas. Además, el gradiente de variación de la temperatura con la altitud varía con la orientación.

Los valores más altos de temperatura media se alcanzan en la costa, donde también son menores las oscilaciones diarias y anuales de la temperatura, gracias al efecto amortiguador del mar y del "mar de nubes" a barlovento. Por el contrario, los valores más bajos se dan en las cumbres, donde además las oscilaciones térmicas diarias y anuales son más altas debido a la distancia al mar y por situarse encima del mar de nubes durante el verano posibilitando que la temperatura descienda por la noche como consecuencia de que la irradiación térmica no se ve dificultada por el mar de nubes.

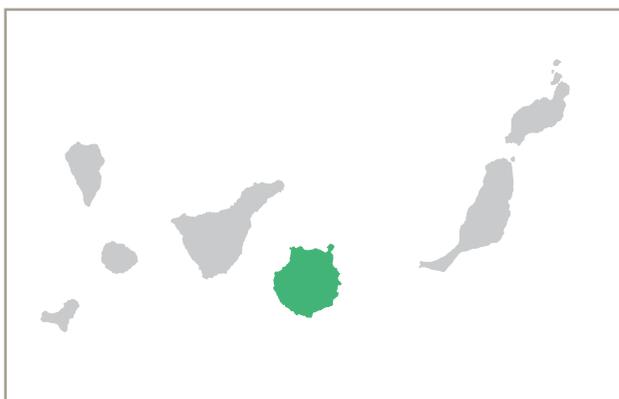
La precipitación (figura 5.3) aumenta con la altitud hasta la altura media del límite inferior de la inversión en situaciones de inestabilidad atmosférica, disminuyendo a partir de este valor. Por tal motivo, las precipitaciones máximas en Gran Canaria son equivalentes a las que se producen en Tenerife a pesar de ser esta isla más alta, si bien la precipitación por unidad de superficie es mayor en Tenerife debido a que es mayor la superficie expuesta al NO, donde los niveles de precipitación son mayores.

Las temperaturas medias de las máximas y de las mínimas dependen de la altitud, del efecto del mar de nubes, de la influencia del mar y de la presencia de elementos topográficos que almacenen o canalizen el aire frío que se forma por irradiación nocturna.

El efecto del "mar de nubes" o "panza de burro" sobre la temperatura media diaria de las máximas y de las mínimas se puede ilustrar perfectamente comparando los valores que alcanzan en las estaciones de Las Palmas de Gran Canaria y de Santa Cruz de Tenerife. A este respecto, durante el verano, la temperatura de las máximas diarias es aproximadamente 1 °C inferior en Las Palmas de Gran Canaria que en Santa Cruz de Tenerife debido al efecto protector de la radiación que desempeña la "panza de burro", mientras que en Santa Cruz de Tenerife la radiación

es más intensa, a pesar de poseer más árboles en sus calles, por carecer de la protección que brinda el “mar de nubes”, a lo que habría que añadir el efecto directo de la radiación sobre la piel, que contribuye a incrementar la sensación de calor. La brisa del mar también ejerce un doble efecto contribuyendo a reducir la temperatura por evaporación de las superficies de agua y propiciando la sensación de frescor al favorecer la evaporación del sudor sobre la piel, siendo su efecto refrescante más intenso en Las Palmas de Gran Canaria, donde la brisa penetra en la ciudad, que en Santa Cruz, en la que se ve reducido debido al efecto barrera de las construcciones. Sin embargo, durante las noches de invierno sucede al contrario, siendo la temperatura más alta en Las Palmas que en Santa Cruz de Tenerife a consecuencia de que el mar de nubes dificulta la salida de la radiación térmica. Como resultado de ambos efectos, la oscilación anual y diaria de las temperaturas es menor en Las Palmas que en Santa Cruz, consecuencia fundamentalmente del efecto del mar de nubes.

En las estaciones localizadas por debajo de la capa de inversión la humedad alcanza valores relativamente altos, que aumentan en las estaciones situadas a barlovento del alisio y, más aún, en las estaciones situadas en torno a los 600 m de altitud, donde la humedad alcanza valores próximos a la saturación. Así, Las Palmas de Gran Canaria (tabla 5.1) alcanza los valores más altos de humedad relativa durante el verano, atribuible a su posición a barlovento del alisio, mientras que los valores más



TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

MELENARA		Coordenadas UTM (m): 461.550 - 3.096.750; Altitud 66 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	20,6	21,0	21,8	22,1	23,1	24,7	26,5	27,1	27,1	25,8	23,8	21,8	23,8
	Media mín. diaria	14,7	14,9	15,4	15,7	17,0	18,7	20,4	21,2	21,2	19,7	17,9	15,7	17,7
	Media mensual	17,6	17,9	18,6	18,9	20,0	21,7	23,5	24,2	24,1	22,8	20,9	18,7	20,7
	Media oscilación diaria	5,9	6,1	6,4	6,4	6,1	6,0	6,1	5,9	5,9	6,1	5,9	6,1	6,1
Humedad (%)	Media máx. diaria	73,0	73,0	73,0	74,0	75,0	76,0	76,0	76,0	77,0	78,0	75,0	75,0	75,1
	Media mín. diaria	61,0	61,0	59,0	60,0	61,0	62,0	61,0	63,0	65,0	65,0	63,0	64,0	62,1
	Media mensual	67,0	67,0	66,0	67,0	68,0	69,0	68,5	69,5	71,0	71,5	69,0	69,5	68,6
	Media oscilación diaria	12,0	12,0	14,0	14,0	14,0	14,0	15,0	13,0	12,0	13,0	12,0	11,0	13,0
Precipitación (mm)	Media mensual	22,1	25,3	13,3	8,0	3,3	1,7	2,1	0,7	10,9	16,7	28,5	29,8	162,4

Tabla 5.3. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Melenara. Elaboración propia a partir de datos del INM.

SAN NICOLÁS DE TOLENTINO		Coordenadas UTM (m): 422.450 - 3.095.950; Altitud 76 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	19,3	19,7	20,6	20,5	21,0	22,4	23,7	24,7	25,0	23,8	22,1	20,3	21,9
	Media mín. diaria	12,7	12,8	13,9	13,9	15,1	16,8	18,2	18,8	18,9	17,5	15,9	13,8	15,7
	Media mensual	7,5	17,8	18,9	19,1	19,7	21,5	23,0	24,1	24,2	22,6	21,1	18,8	20,7
	Media oscilación diaria	6,6	6,9	6,8	6,6	5,9	5,6	5,5	5,9	6,1	6,3	6,1	6,4	6,2
Humedad (%)	Media máx. diaria	74,0	70,0	76,0	78,0	78,0	78,0	79,0	80,0	79,0	72,0	75,0	76,0	76,3
	Media mín. diaria	53,0	50,0	55,0	57,0	57,0	60,0	62,0	61,0	60,0	58,0	55,0	55,0	56,9
	Media mensual	63,5	60,0	65,5	67,5	67,5	69,0	70,5	70,5	69,5	65,0	65,0	65,5	66,6
	Media oscilación diaria	21,0	20,0	21,0	21,0	21,0	18,0	17,0	19,0	19,0	14,0	20,0	21,0	19,3
Precipitación (mm)	Media mensual	10,9	16,3	19,6	6,7	2,5	4,7	3,0	3,5	5,1	18,4	26,8	34,0	151,6

Tabla 5.4. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de San Nicolás de Tolentino. Elaboración propia a partir de datos del INM.

TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

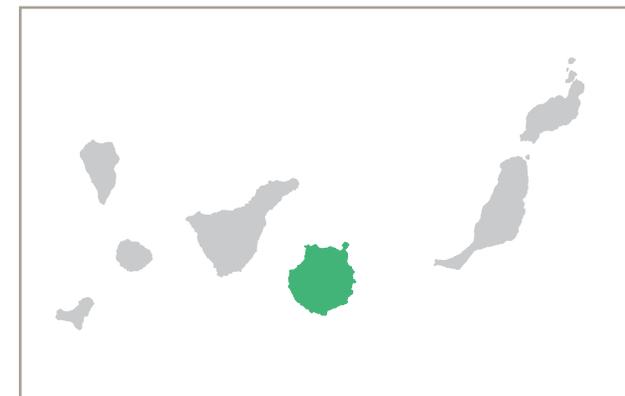
PUERTO DE MOGÁN		Coordenadas UTM (m): 425.150 - 3.077.500; Altitud 77 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	19,3	19,6	20,6	20,5	21,0	22,4	23,7	24,7	25,0	23,8	22,0	20,2	21,9
	Media mín. diaria	12,6	12,8	13,8	13,9	15,0	16,8	18,2	18,8	18,9	17,4	15,9	13,8	15,6
	Media mensual	7,5	17,7	18,8	19,0	19,6	21,5	23,0	24,1	24,2	22,6	21,0	18,7	20,6
	Media oscilación diaria	6,6	6,9	6,8	6,6	5,9	5,6	5,5	5,9	6,2	6,3	6,2	6,5	6,2
Humedad (%)	Media máx. diaria	70,0	72,0	74,0	80,0	83,0	82,0	82,0	83,0	81,0	74,0	66,0	66,0	76,1
	Media mín. diaria	59,0	61,0	62,0	67,0	70,0	70,0	70,0	68,0	68,0	61,0	56,0	56,0	64,0
	Media mensual	64,5	66,5	68,0	73,5	76,5	76,0	76,0	75,5	74,5	67,5	61,0	61,0	70,0
	Media oscilación diaria	11,0	11,0	12,0	13,0	13,0	12,0	12,0	15,0	13,0	13,0	10,0	10,0	12,1
Precipitación (mm)	Media mensual	11,6	17,1	20,5	6,8	2,7	4,8	3,3	3,6	5,3	18,7	28,1	34,8	157,2

Tabla 5.5. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Puerto de Mogán. Elaboración propia a partir de datos del INM.

VECINDARIO		Coordenadas UTM (m): 456.800 - 3.081.500; Altitud 82 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	20,7	21,3	22,6	22,6	22,9	24,7	26,5	27,4	27,5	25,8	22,2	19,9	23,7
	Media mín. diaria	12,6	12,8	13,8	13,9	15,0	16,7	18,2	18,8	18,9	17,4	15,9	13,8	15,6
	Media mensual	17,5	17,7	18,7	18,9	19,8	21,9	24,2	25,4	24,2	22,6	21,3	18,6	20,9
	Media oscilación diaria	8,0	8,5	8,8	8,8	7,9	8,0	8,3	8,6	8,6	8,4	6,3	6,1	8,0
Humedad (%)	Media máx. diaria	81,0	82,0	82,0	82,0	82,0	82,0	84,0	85,0	86,0	85,0	81,0	82,0	82,8
	Media mín. diaria	50,0	52,0	47,0	52,0	53,0	53,0	53,0	53,0	54,0	56,0	51,0	52,0	52,2
	Media mensual	65,5	67,0	64,5	67,0	67,5	67,5	68,5	69,0	70,0	70,5	66,0	67,0	67,5
	Media oscilación diaria	31,0	30,0	35,0	30,0	29,0	29,0	31,0	32,0	32,0	29,0	30,0	30,0	30,7
Precipitación (mm)	Media mensual	11,2	16,6	20,0	6,7	2,6	4,7	3,1	3,5	5,2	18,5	27,3	34,3	153,7

Tabla 5.6. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Vecindario. Elaboración propia a partir de datos del INM.

bajos corresponden a Valleseco (tabla 5.12) como consecuencia de su elevada altitud (1.123 m) que hace que durante el verano se encuentre normalmente inmersa en la capa de aire seco situado por encima de la inversión térmica.



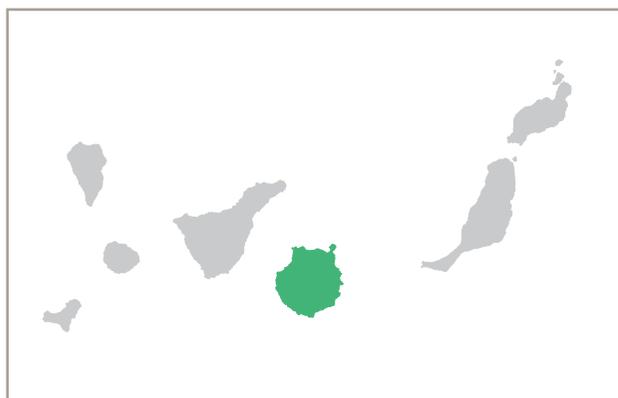
TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

GUÍA		Coordenadas UTM (m): 437.650 - 3.113.050; Altitud 160 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	16,6	16,9	18,0	18,1	18,7	20,2	21,5	22,6	23,0	21,6	20,0	17,8	19,6
	Media mín. diaria	10,6	10,8	11,8	11,7	12,6	14,3	16,0	16,9	16,8	15,5	13,8	11,8	13,6
	Media mensual	15,8	15,9	17,1	17,1	18,0	18,9	20,5	21,6	21,7	20,5	19,2	16,9	18,6
	Media oscilación diaria	6,0	6,2	6,3	6,4	6,1	5,9	5,6	5,7	6,2	6,1	6,2	6,0	6,0
Humedad (%)	Media máx. diaria	70,0	78,0	83,0	83,0	82,0	82,0	85,0	86,0	83,0	81,0	76,0	76,0	80,4
	Media mín. diaria	62,0	72,0	73,0	73,0	71,0	71,0	75,0	78,0	74,0	71,0	68,0	69,0	71,4
	Media mensual	66,0	75,0	78,0	78,0	76,5	76,5	80,0	82,0	78,5	76,0	72,0	72,5	75,9
	Media oscilación diaria	8,0	6,0	10,0	10,0	11,0	11,0	10,0	8,0	9,0	10,0	8,0	7,0	9,0
Precipitación (mm)	Media mensual	38,8	41,6	19,9	18,5	8,3	6,3	4,3	3,2	10,7	26,1	52,3	41,6	271,6

Tabla 5.7. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Guía. Elaboración propia a partir de datos del INM.

TAMARACEITE		Coordenadas UTM (m): 452.450 - 3.108.450; Altitud 215 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	19,5	19,5	20,4	20,8	22,0	23,3	24,9	25,8	25,8	24,9	22,6	20,2	22,5
	Media mín. diaria	14,0	13,9	14,4	15,1	16,3	17,5	19,2	20,0	19,8	18,9	17,0	14,9	16,8
	Media mensual	16,7	16,7	17,4	17,9	19,1	20,3	22,1	23,0	22,7	21,9	19,8	17,5	19,6
	Media oscilación diaria	5,5	5,6	6,0	5,7	5,7	5,8	5,7	5,8	6,0	6,0	5,6	5,2	5,7
Humedad (%)	Media máx. diaria	82,0	82,0	84,0	86,0	87,0	90,0	92,0	90,0	89,0	83,0	83,0	83,0	85,9
	Media mín. diaria	74,0	74,0	72,0	73,0	73,0	77,0	79,0	75,0	75,0	71,0	72,0	76,0	74,3
	Media mensual	78,0	78,0	78,0	79,5	80,0	83,5	85,5	82,5	82,0	77,0	77,5	79,5	80,1
	Media oscilación diaria	8,0	8,0	12,0	13,0	14,0	13,0	13,0	15,0	14,0	12,0	11,0	7,0	11,7
Precipitación (mm)	Media mensual	40,8	43,9	21,7	12,9	8,5	6,3	2,2	2,5	9,5	27,0	37,1	44,7	257,1

Tabla 5.8. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Tamaraceite. Elaboración propia a partir de datos del INM.



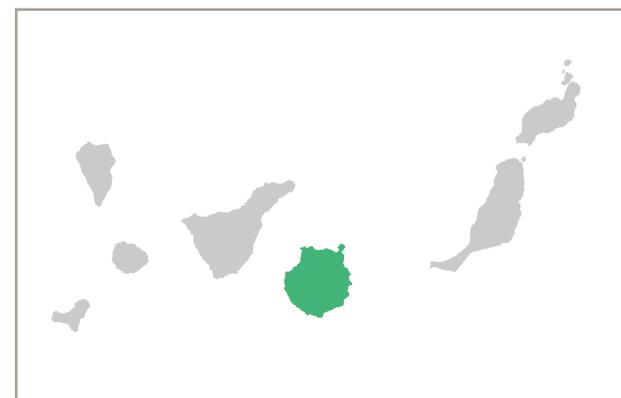
TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

VALSEQUILLO		Coordenadas UTM (m): 451.800 - 3.096.750; Altitud 537 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	17,5	18,4	20,1	20,3	20,8	23,1	25,6	26,6	27,0	24,5	21,2	18,0	21,9
	Media mín. diaria	8,5	9,0	10,5	9,9	11,2	13,1	16,2	16,5	15,7	13,9	12,0	9,8	12,2
	Media mensual	14,9	15,3	16,4	16,3	17,7	20,2	23,6	24,4	22,4	20,7	18,4	15,9	18,9
	Media oscilación diaria	8,9	9,4	9,6	10,4	9,6	10,0	9,4	10,1	11,3	10,6	9,2	8,2	9,7
Humedad (%)	Media máx. diaria	87,0	85,0	82,0	88,0	88,0	86,0	82,0	83,0	87,0	90,0	88,0	90,0	86,3
	Media mín. diaria	50,0	47,0	46,0	51,0	53,0	51,0	43,0	43,0	49,0	55,0	52,0	51,0	49,3
	Media mensual	68,5	66,0	64,0	69,5	70,5	68,5	62,5	63,0	68,0	72,5	70,0	70,5	67,8
	Media oscilación diaria	37,0	38,0	36,0	37,0	35,0	35,0	39,0	40,0	38,0	35,0	36,0	39,0	37,1
Precipitación (mm)	Media mensual	60,0	41,1	37,7	27,9	10,1	4,9	4,8	4,2	17,7	41,6	51,3	65,4	366,9

Tabla 5.9. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Valsequillo. Elaboración propia a partir de datos del INM.

SANTA BRÍGIDA		Coordenadas UTM (m): 450.050 - 3.100.400; Altitud 574 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	17,5	17,4	18,4	18,6	21,2	23,8	25,8	26,1	25,8	24,4	20,1	19,4	21,5
	Media mín. diaria	10,4	10,3	10,9	11,0	12,3	13,9	15,9	16,8	16,2	15,3	13,3	11,4	13,1
	Media mensual	13,5	13,6	15,0	15,2	17,3	18,9	20,7	22,2	21,2	19,0	16,3	13,7	17,2
	Media oscilación diaria	7,1	7,1	7,5	7,6	8,9	9,9	9,9	9,3	9,6	9,1	6,8	8,0	8,4
Humedad (%)	Media máx. diaria	91,0	90,0	87,0	90,0	88,0	86,0	74,0	76,0	85,0	90,0	89,0	92,0	86,5
	Media mín. diaria	61,0	58,0	55,0	56,0	53,0	50,0	38,0	37,0	47,0	58,0	60,0	63,0	53,0
	Media mensual	76,0	74,0	71,0	73,0	70,5	68,0	56,0	56,5	66,0	74,0	74,5	77,5	69,8
	Media oscilación diaria	30,0	32,0	32,0	34,0	35,0	36,0	36,0	39,0	38,0	32,0	29,0	29,0	33,5
Precipitación (mm)	Media mensual	84,5	77,1	37,7	30,5	17,6	6,4	1,8	4,2	15,0	65,1	94,9	98,2	44,4

Tabla 5.10. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Santa Brígida. Elaboración propia a partir de datos del INM.



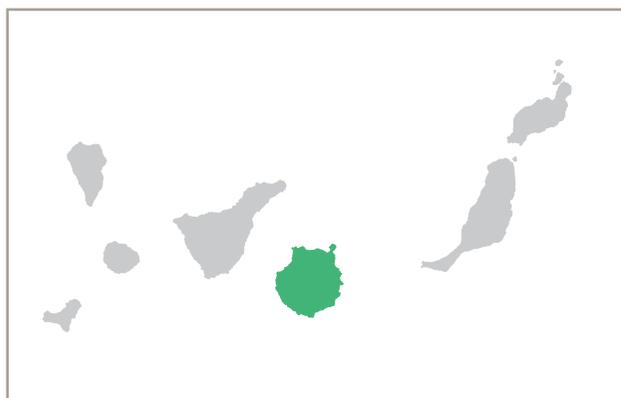
TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

TEMISAS		Coordenadas UTM (m): 446.450 - 3.087.150; Altitud 626 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	16,9	17,9	19,7	20,0	20,3	22,8	25,4	26,4	26,9	24,1	20,9	17,7	21,6
	Media mín. diaria	8,1	8,6	10,1	9,4	10,6	12,6	16,1	16,5	15,4	13,6	11,5	9,4	11,8
	Media mensual	14,6	15,0	16,0	16,0	17,5	20,2	23,8	24,4	22,3	20,5	18,0	15,6	18,7
	Media oscilación diaria	8,8	9,3	9,6	10,6	9,7	10,1	9,3	9,9	11,5	10,6	9,4	8,3	9,8
Humedad (%)	Media máx. diaria	80,0	80,0	81,0	86,0	88,0	83,0	73,0	75,0	84,0	86,0	80,0	83,0	81,6
	Media mín. diaria	42,0	44,0	45,0	48,0	49,0	46,0	38,0	39,0	47,0	50,0	46,0	46,0	45,0
	Media mensual	61,0	62,0	63,0	67,0	68,5	64,5	55,5	57,0	65,5	68,0	63,0	64,5	63,3
	Media oscilación diaria	38,0	36,0	36,0	38,0	39,0	37,0	35,0	36,0	37,0	36,0	34,0	37,0	36,6
Precipitación (mm)	Media mensual	26,2	34,7	38,2	10,1	6,0	8,2	8,7	6,9	8,1	23,5	57,1	52,9	277,4

Tabla 5.11. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Temisas. Elaboración propia a partir de datos del INM.

VALLESECO		Coordenadas UTM (m): 443.850 - 3.102.950; Altitud 1123 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	13,8	14,7	15,9	16,1	18,6	20,9	25,6	25,6	23,9	20,8	17,2	14,0	18,9
	Media mín. diaria	5,1	5,4	6,1	6,6	7,8	9,2	12,4	12,8	11,9	10,4	7,9	5,8	8,5
	Media mensual	9,4	10,0	11,0	11,3	13,2	15,0	19,0	19,2	17,9	15,6	12,5	9,9	13,7
	Media oscilación diaria	8,7	9,3	9,8	9,5	10,8	11,7	13,2	12,8	12,0	10,4	9,3	8,2	10,5
Humedad (%)	Media máx. diaria	77,0	77,0	76,0	82,0	83,0	72,0	56,0	59,0	75,0	82,0	77,0	79,0	74,6
	Media mín. diaria	37,0	39,0	40,0	42,0	43,0	34,0	27,0	29,0	38,0	45,0	43,0	40,0	38,1
	Media mensual	57,0	58,0	58,0	62,0	63,0	53,0	41,5	44,0	56,5	63,5	60,0	59,5	56,3
	Media oscilación diaria	40,0	38,0	36,0	40,0	40,0	38,0	29,0	30,0	37,0	37,0	34,0	39,0	36,5
Precipitación (mm)	Media mensual	132,4	118,9	76,3	49,0	29,0	14,8	3,8	6,7	29,3	87,2	143,2	151,7	70,2

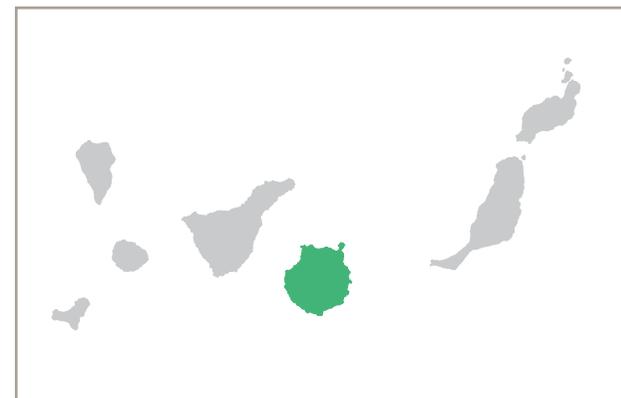
Tabla 5.12. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Valleseco. Elaboración propia a partir de datos del INM.



TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

CRUZ DE TEJEDA		Coordenadas UTM (m): 441.650 - 3.098.200; Altitud 1448 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	12,4	13,2	15,4	14,7	16,3	19,7	24,3	24,6	23,2	19,4	16,5	13,3	17,7
	Media mín. diaria	4,8	5,9	7,2	6,4	8,2	10,4	15,4	14,8	12,9	10,2	7,8	6,2	9,2
	Media mensual	9,3	9,9	11,9	10,8	13,4	16,2	21,3	21,2	18,8	15,8	12,2	10,3	14,3
	Media oscilación diaria	7,5	7,2	8,2	8,3	8,1	9,3	8,9	9,9	10,3	9,1	8,7	7,1	8,6
Humedad (%)	Media máx. diaria	82,0	81,0	81,0	79,0	78,0	75,0	67,0	71,0	80,0	79,0	80,0	82,0	77,9
	Media mín. diaria	67,0	64,0	63,0	61,0	62,0	62,0	50,0	55,0	65,0	64,0	68,0	69,0	62,5
	Media mensual	74,5	72,5	72,0	70,0	70,0	68,5	58,5	63,0	72,5	71,5	74,0	75,5	70,2
	Media oscilación diaria	15,0	17,0	18,0	18,0	16,0	13,0	17,0	16,0	15,0	15,0	12,0	13,0	15,4
Precipitación (mm)	Media mensual	129,1	96,2	89,6	41,1	22,8	10,0	6,9	6,8	24,6	76,2	151,3	147,1	801,8

Tabla 5.13. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Cruz de Tejeda. Elaboración propia a partir de datos del INM.



VIENTO

En la atmósfera libre a cierta altitud y en las estaciones poco afectadas por la topografía los vientos alisios de componente NE son los dominantes, como sucede en Pozo Izquierdo (figura 5.7), en la playa de las Salinetas (figura 5.8) y en San Nicolás de Tolentino (figura 5.12). Sin embargo, en otras estaciones la topografía interfiere sobre los vientos dominantes y se modifica la distribución de la rosa de los vientos, como en el caso del Muelle de Las Palmas de Gran Canaria (figura 5.4), en Tamaraceite (figura 5.5) y en Tafira (figura 5.6) en los que aumenta en verano la frecuencia de los vientos de componente norte y noroeste.

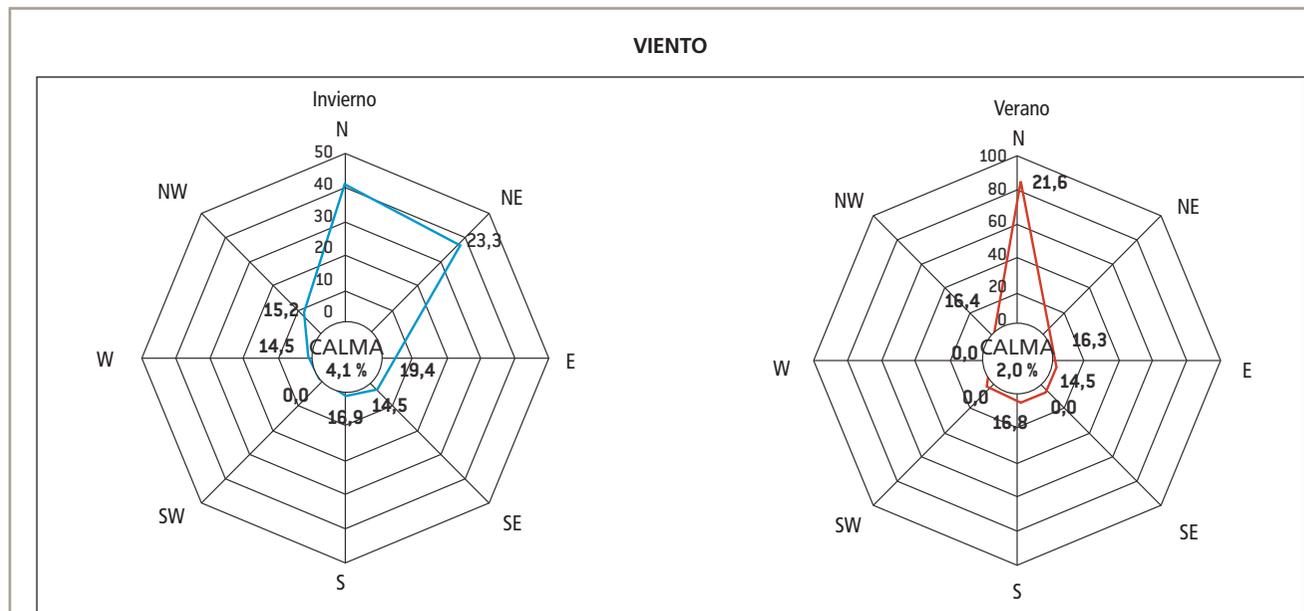
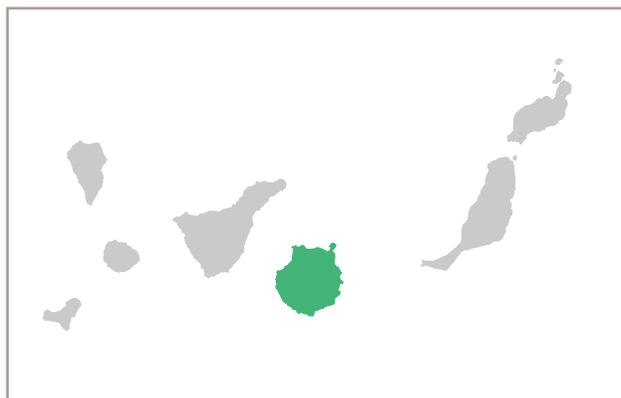


Figura 5.4. Dirección y velocidad del viento en el Muelle de Las Palmas de G. C. (10 m altitud). Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

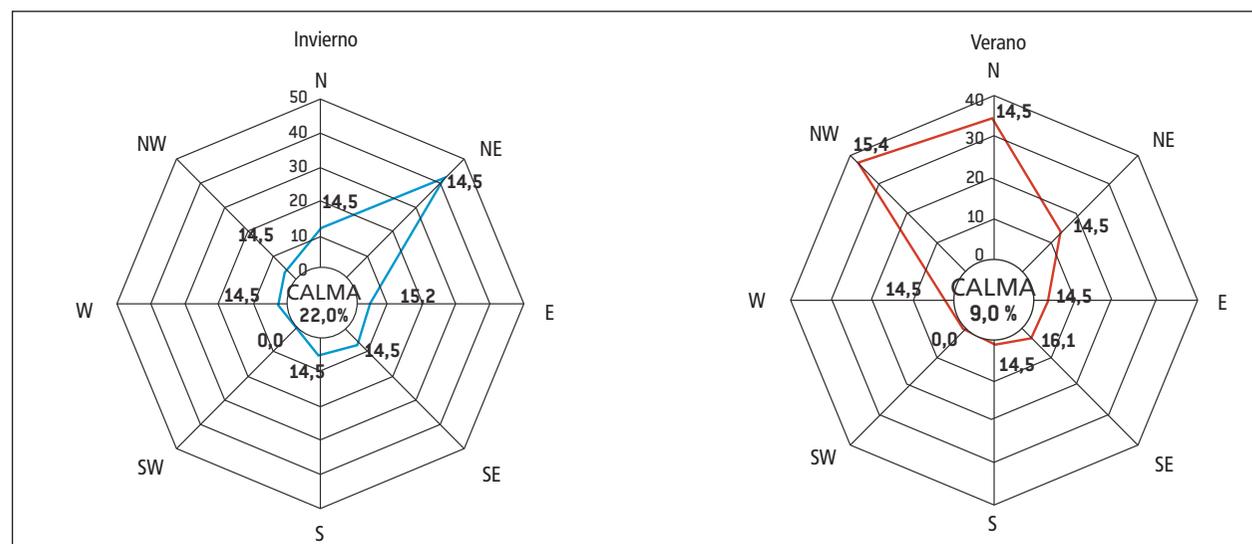


Figura 5.5. Dirección y velocidad del viento en Tamaraceite (Las Palmas de Gran Canaria). Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

VIENTO

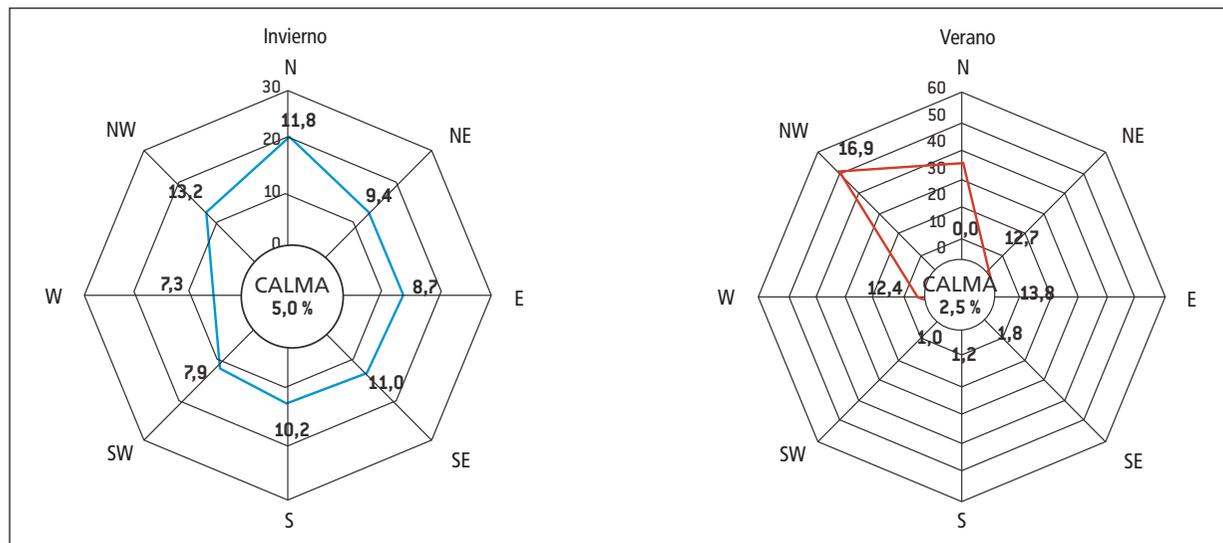


Figura 5.6. Dirección y velocidad del viento en Tafira (Las Palmas de Gran Canaria) (222 m altitud). Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

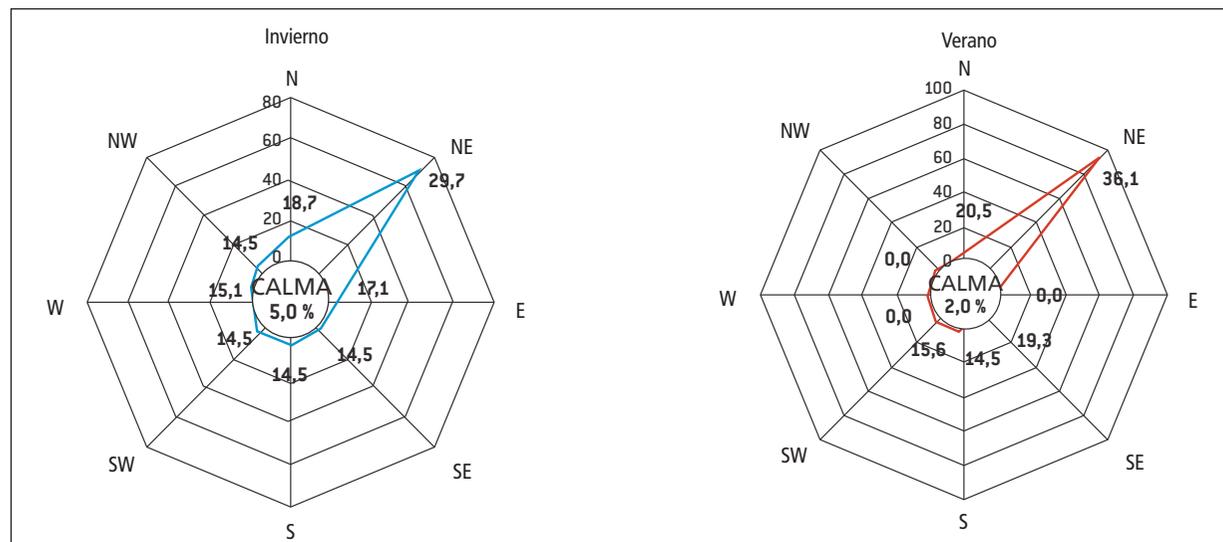
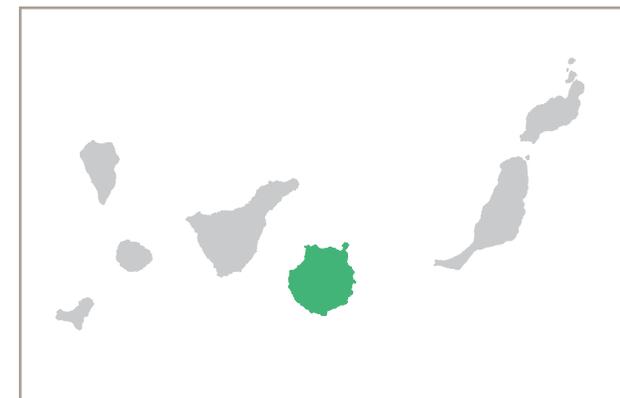


Figura 5.7. Dirección y velocidad del viento en Pozo Izquierdo (Santa Lucía de Tirajana) (6 m altitud). Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.



VIENTO

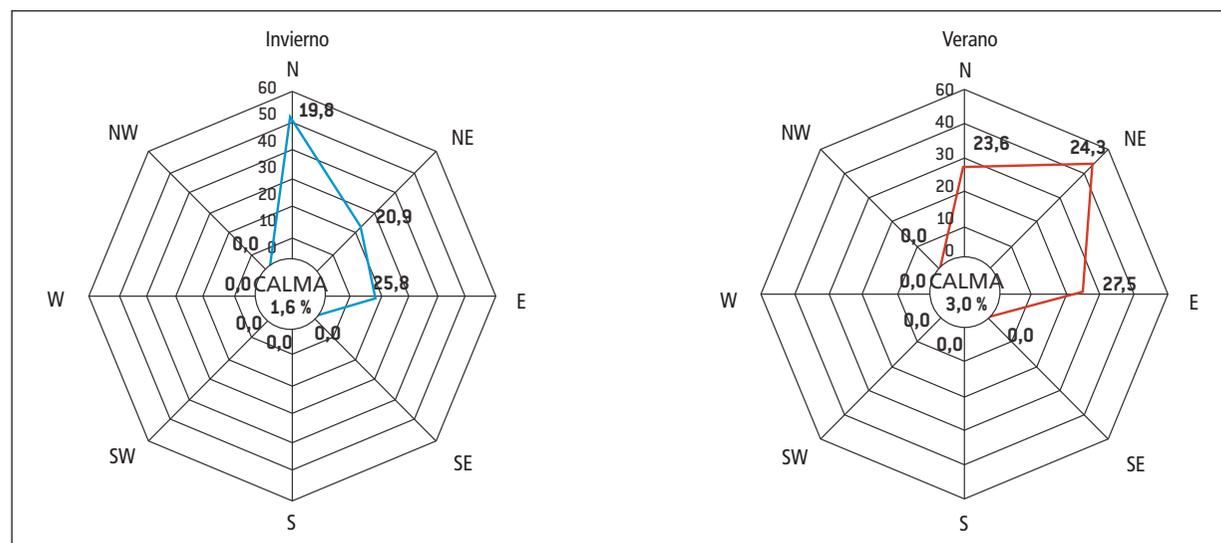


Figura 5.8. Dirección y velocidad del viento en Playa de Salinetas (Telde) (10 m altitud). Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

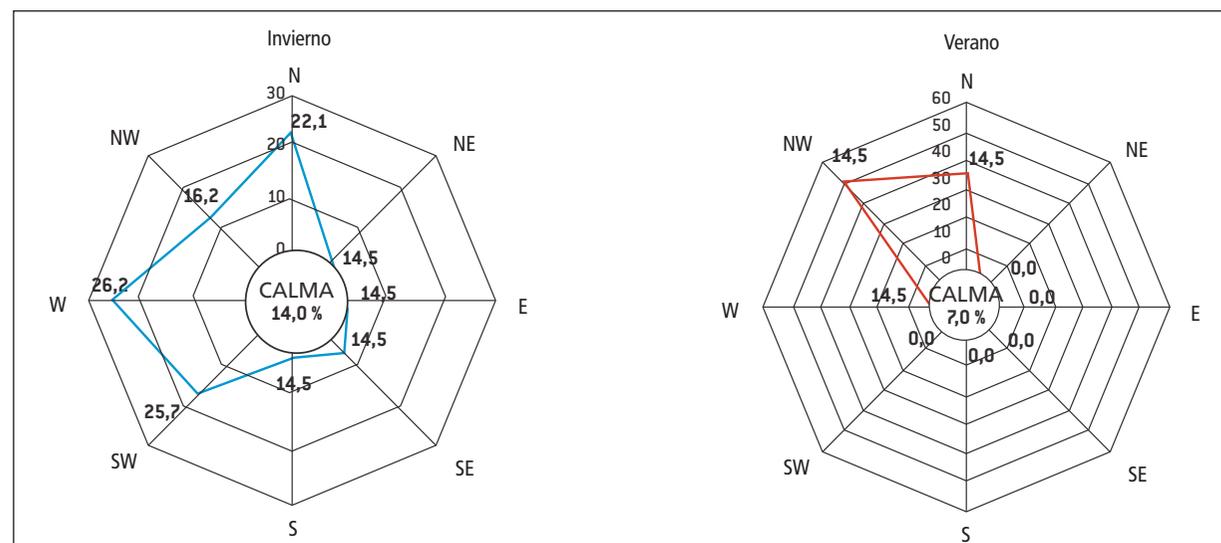
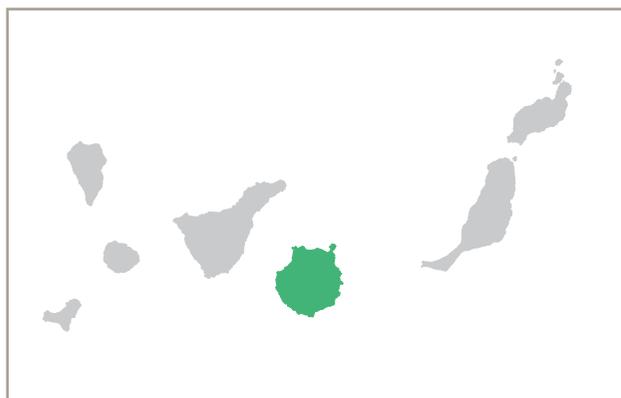


Figura 5.9. Dirección y velocidad del viento en Punta de Mármol (Santa María de Guía) (132 m altitud). Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.



VIENTO

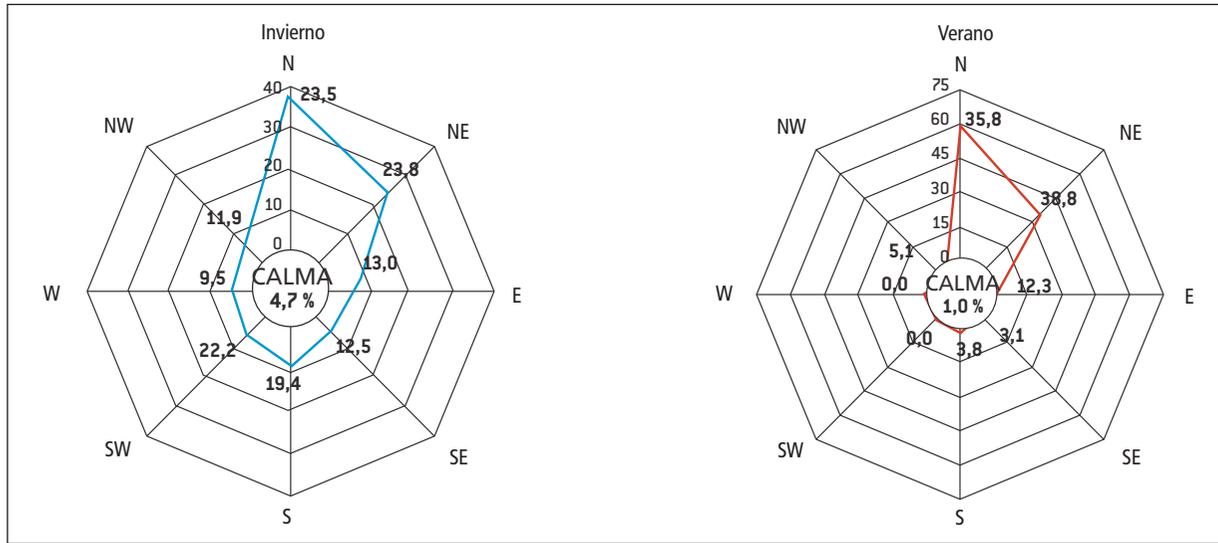


Figura 5.10. Dirección y velocidad del viento en el aeropuerto de Gando (Telde) (30 m altitud). Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

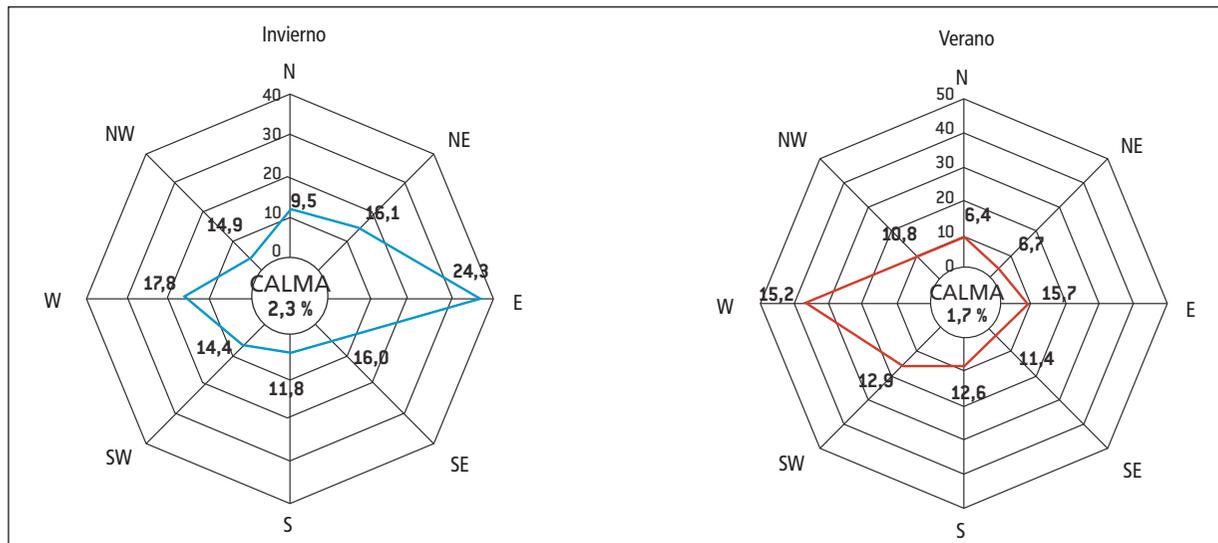
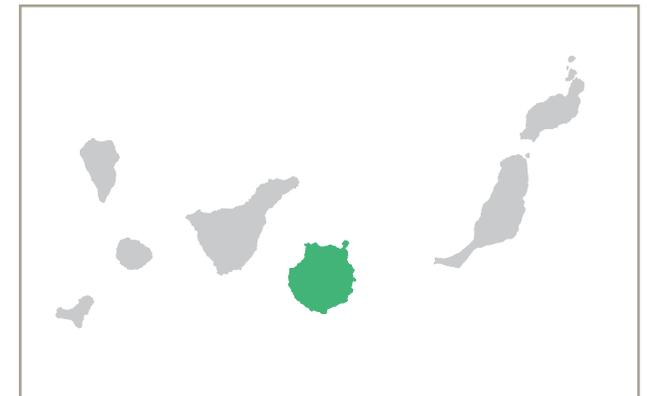
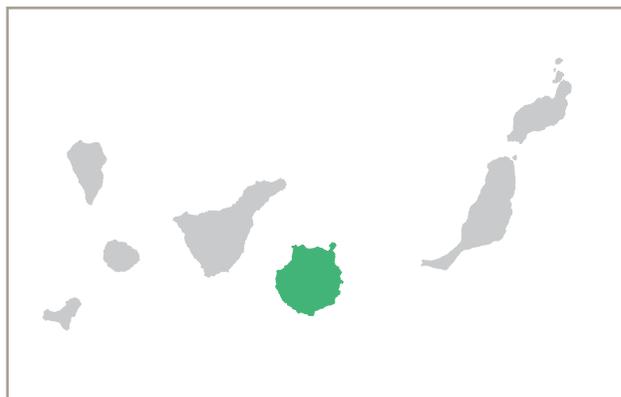
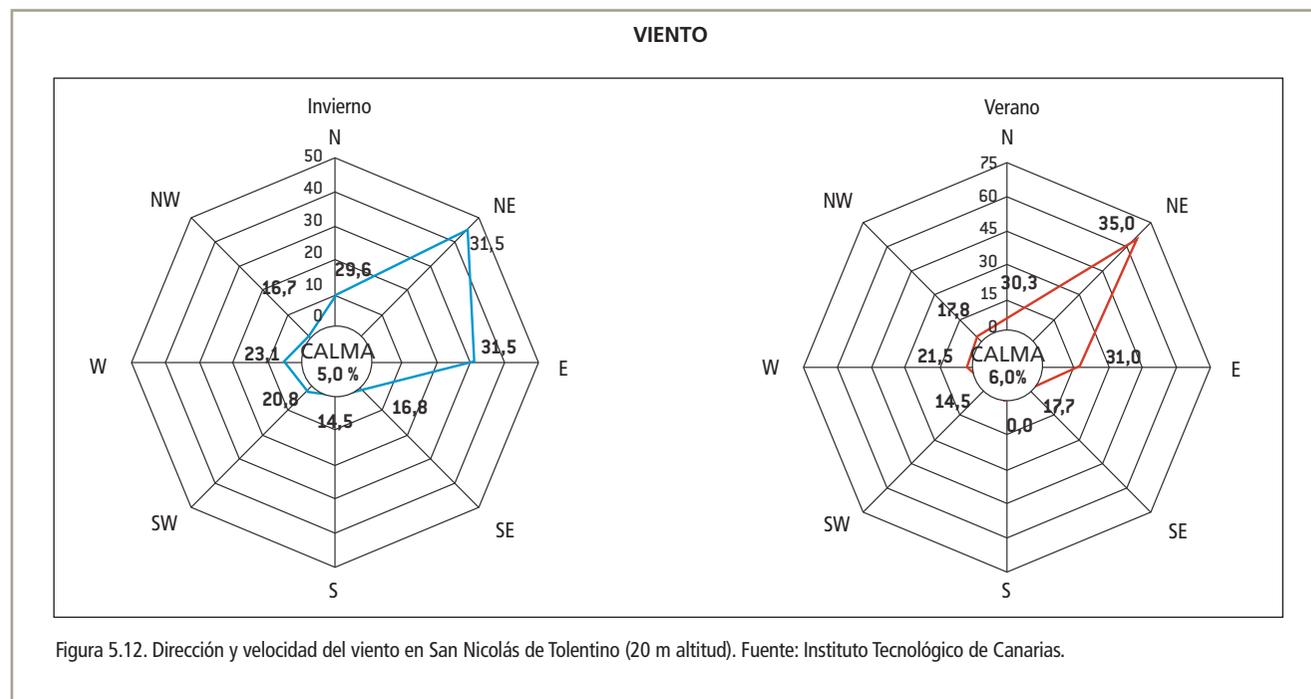


Figura 5.11. Dirección y velocidad del viento en Maspalomas (San Bartolomé de Tirajana) (17 m altitud). Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.





RADIACIÓN

La irradiación está relacionada positivamente con la altura y negativamente con la nubosidad, siendo éste el factor que explica la mayor proporción de la variación. Por ello, a barlovento, donde el efecto protector de la "panza de burro" es más persistente durante el verano, la irradiación es menor, como sucede en Las Palmas de Gran Canaria (figura 5.13).

Las estaciones de Gran Canaria que se encuentran por debajo de la inversión y localizadas a sotavento presentan valores de irradiación algo más elevados, como sucede en Pozo Izquierdo (figura 5.14), Mogán (figura 5.17) y Maspalomas (figura 5.16).

Sin embargo, es en las estaciones situadas por encima del mar de nubes en las que se alcanzan los valores más elevados de radiación y donde son mayores las diferencias entre la radiación en verano y en invierno debido a que durante el verano quedan por encima del mar de nubes y la radiación es fuerte, mientras que durante el invierno quedan por debajo y disminuye la radiación incidente. Éste no es exactamente el caso de Santa Brígida (figura 5.18) debido a que su altitud (515 m) permite que siempre se sitúe durante el verano por encima del mar de nubes.

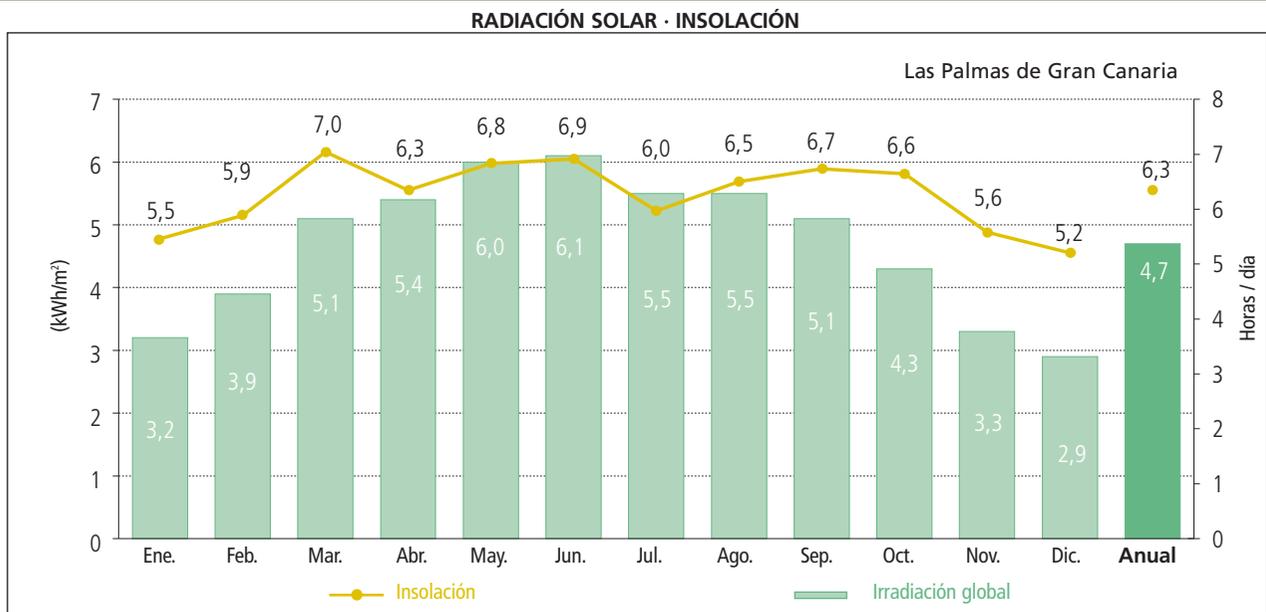
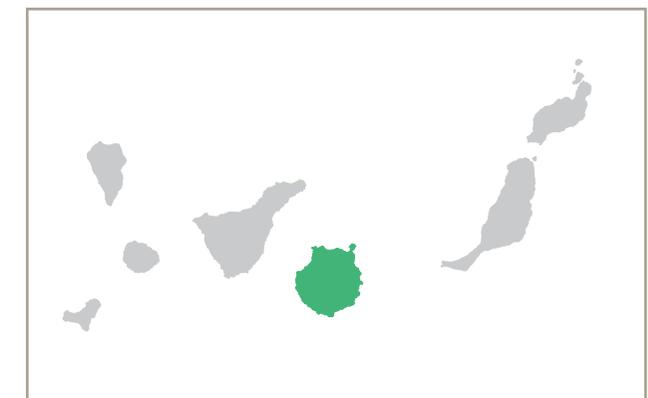


Figura 5.13. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Las Palmas de Gran Canaria (16 m altitud). Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

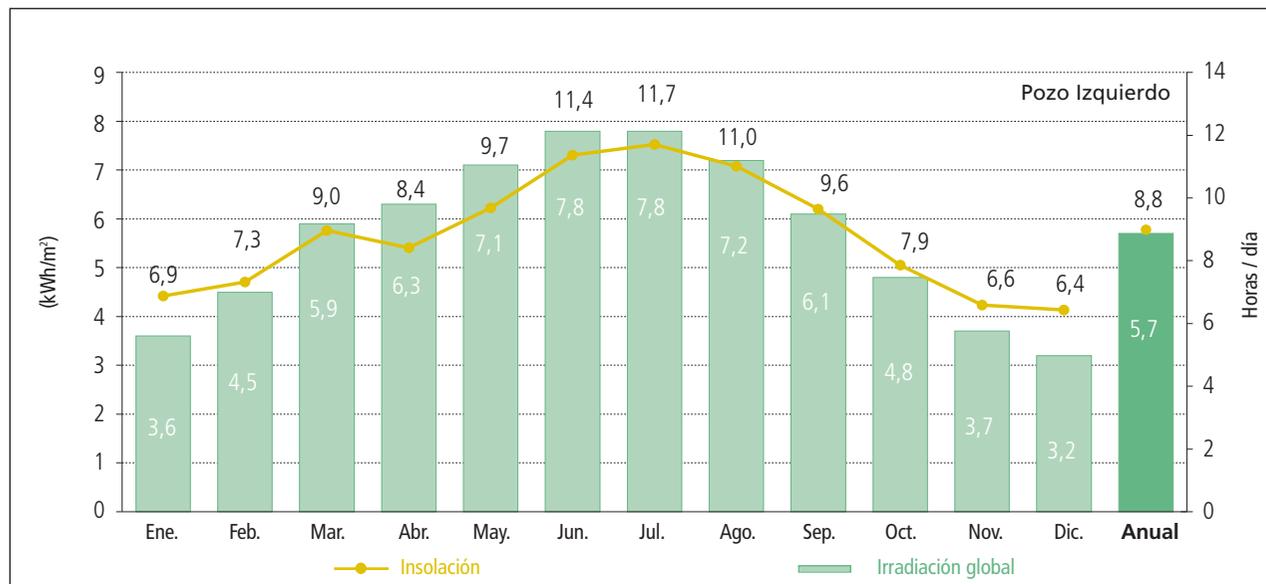


Figura 5.14. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Santa Lucía de Tirajana (9 m altitud). Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

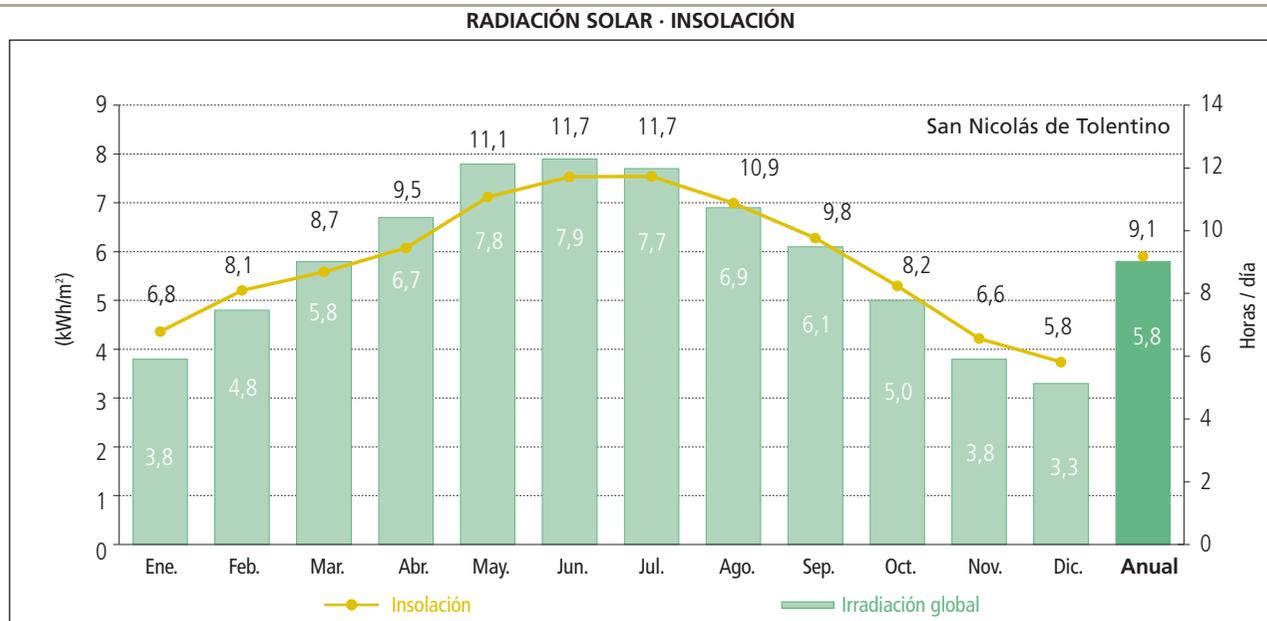
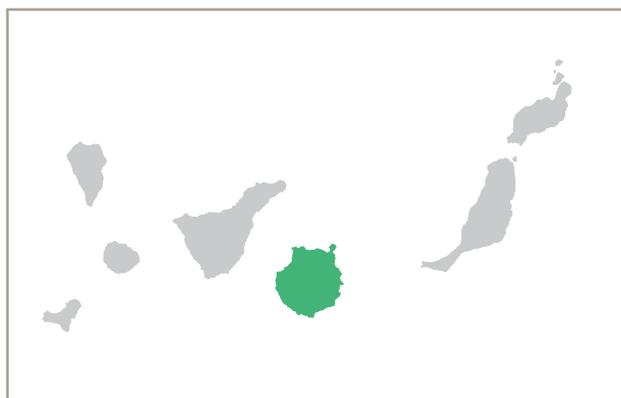


Figura 5.15. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en San Nicolás de Tolentino (55 m altitud). Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

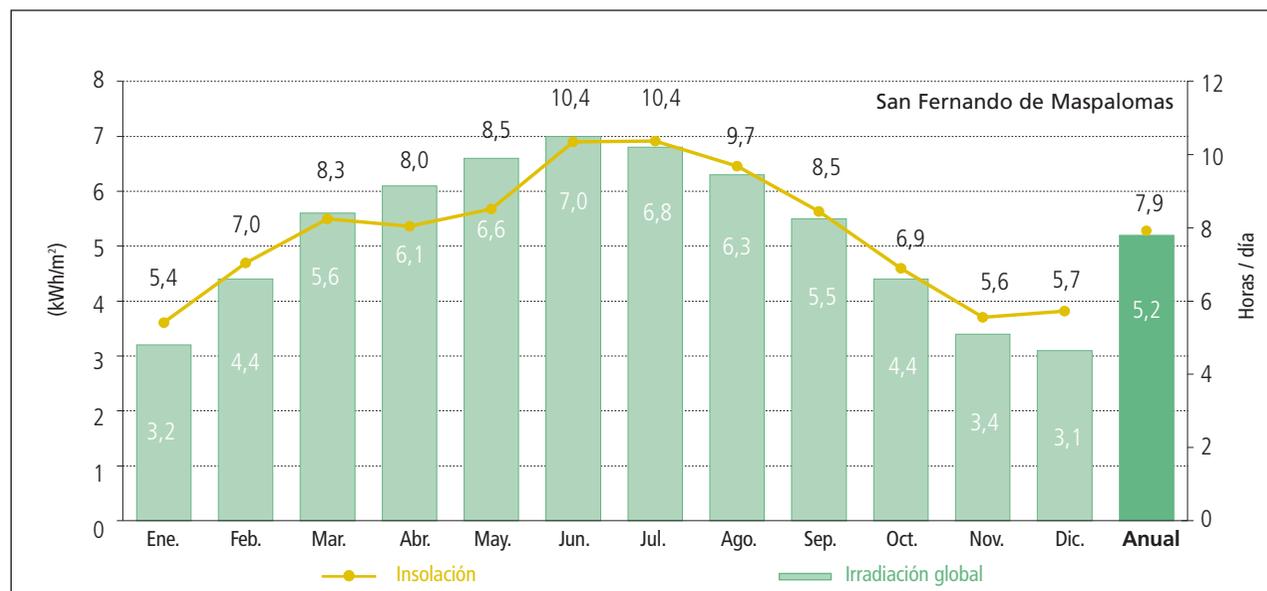


Figura 5.16. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en San Fernando de Maspalomas (83 m altitud). Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

RADIACIÓN SOLAR · INSOLACIÓN

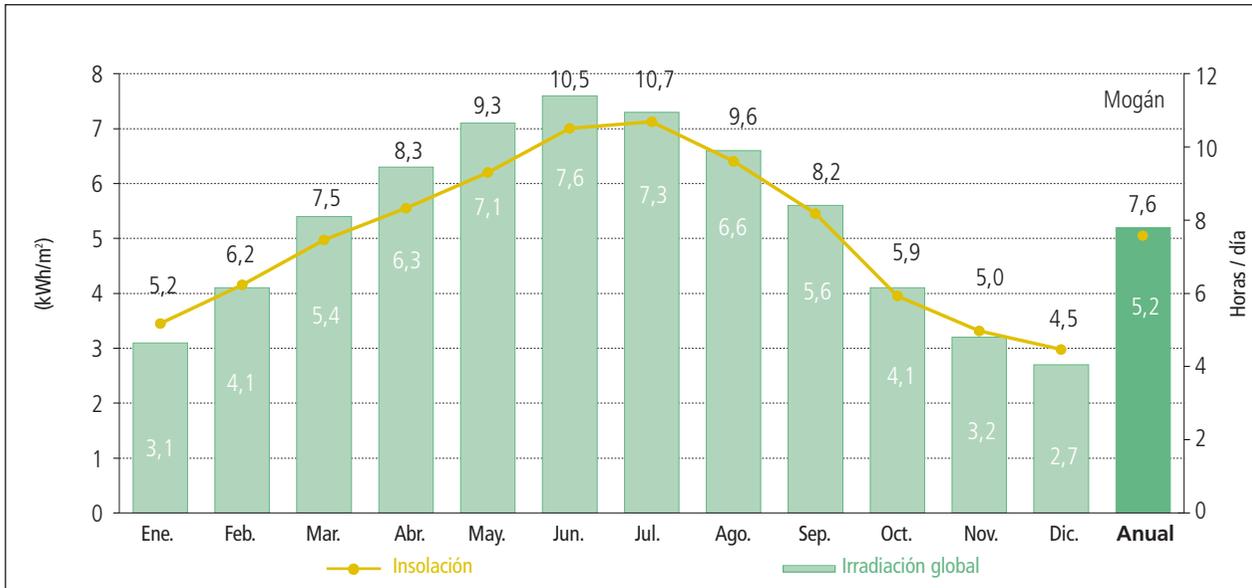


Figura 5.17. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Mogán (297 m altitud). Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

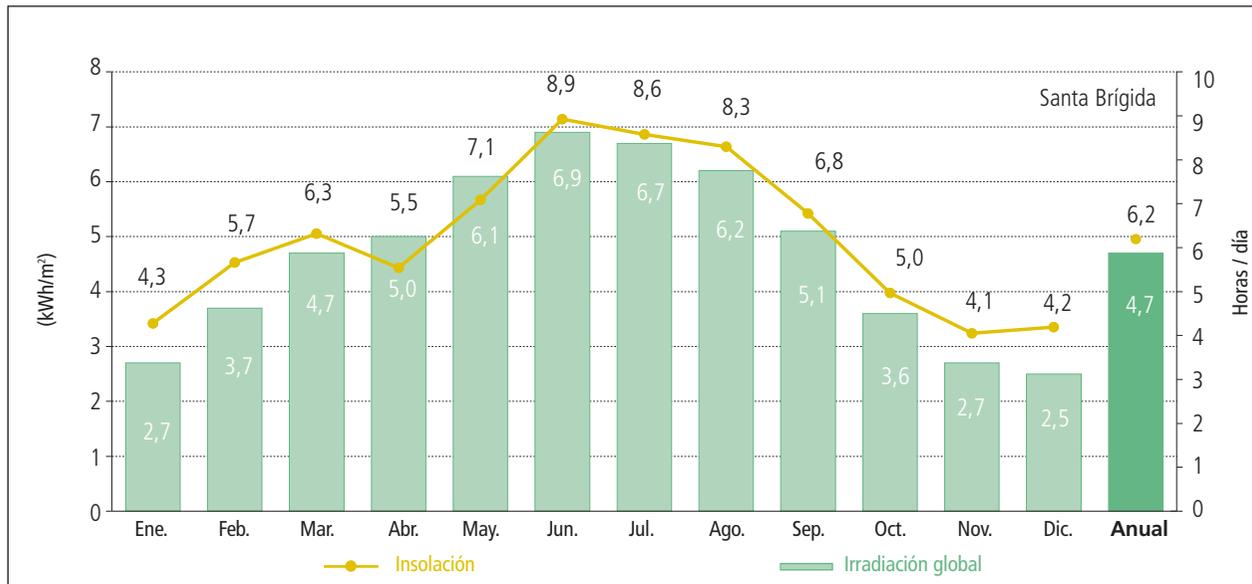
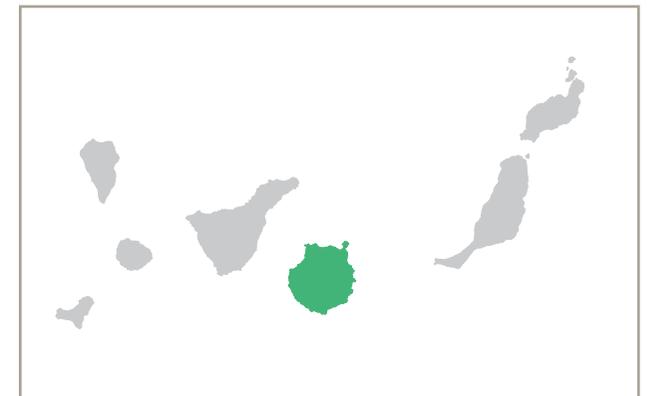
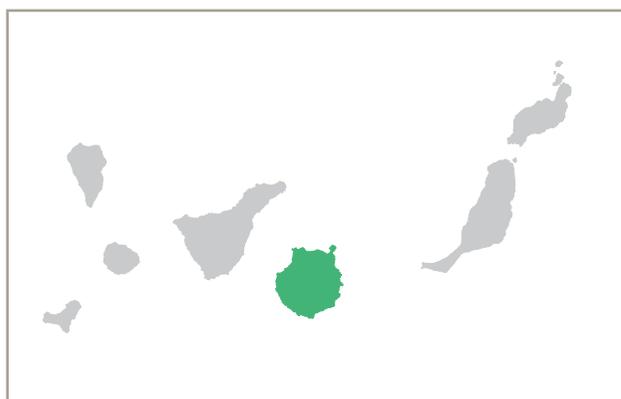
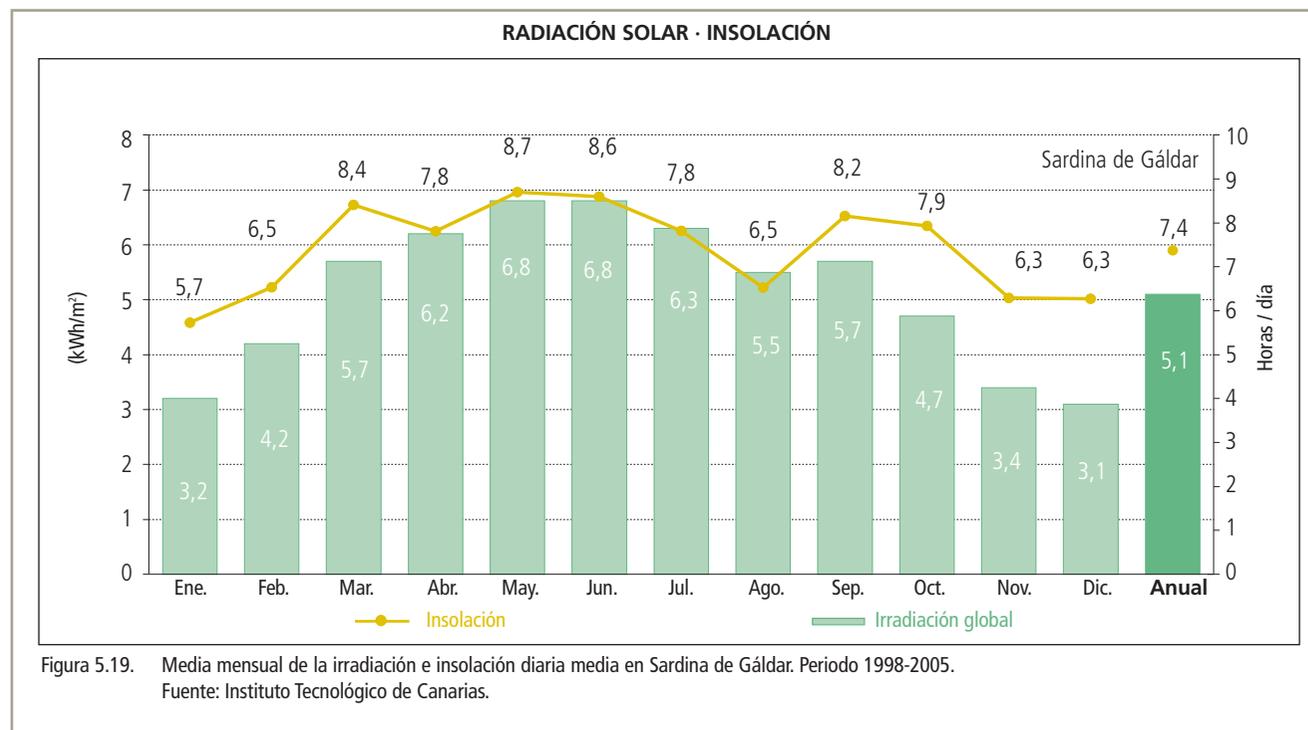


Figura 5.18. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Santa Brígida (515 m altitud). Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.





FUERTEVENTURA

PARTICULARIDADES Y LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES

Las características climáticas específicas de Fuerteventura están determinadas por su proximidad al continente africano y a la corriente de Canarias, por su bajo perfil altitudinal resultante de su reducida altitud máxima (810 m) y su considerable extensión (1660 km²), y por su forma alargada en dirección NE-SO.

La proximidad a la corriente fría de Canarias posibilita que lleguen a sus costas corrientes de agua fría que hacen que las temperaturas mínimas de las estaciones costeras sean más bajas que en las islas occidentales. Además, debido a que en las zonas próximas al continente el aliso sopla con mayor intensidad, a que no existen terrenos elevados que dificulten demasiado el flujo del viento, y a la forma alargada de la isla, los vientos cruzan Fuerteventura de un lado a otro transportando conchas de origen marino que forman playas en la costa y dunas en el interior.

Sin embargo, aunque junto a la costa africana la capa de inversión se sitúa a menor altitud que en las islas más hacia el mar, la baja altitud de las cumbres de Fuerteventura motiva que se alcance pocas veces el límite inferior de la capa de inversión y que el "mar de nubes" sólo se forme ocasionalmente y en áreas muy localizadas. Esto contribuye a que el suelo y la vegetación queden sometidas a una fuerte radiación durante el verano que favorece la evaporación del agua, la mineralización de la materia orgánica y la formación de costras calcáreas ("caliche") que dificultan la infiltración del agua, con lo que permanece en la superficie sin infiltrarse o discurre rápidamente, erosionando el suelo. Todo esto, junto a la baja precipitación, su irregularidad y la erosión eólica configura el carácter árido de la Isla, motivando

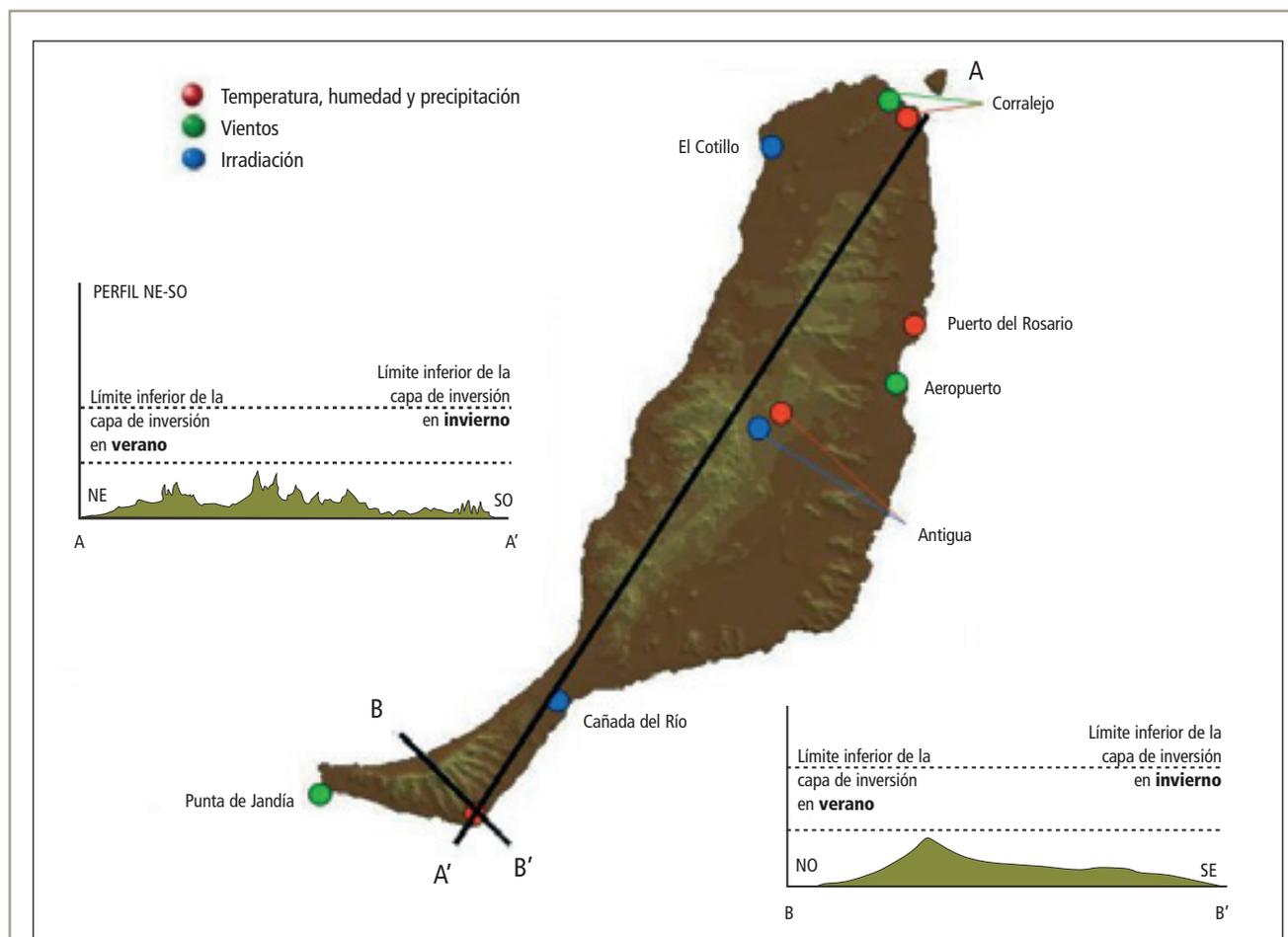


Figura 5.19. Fisiografía general y localización de las estaciones en Fuerteventura. Se aprecia la forma alargada en dirección NE-SO. El perfil altitudinal no proporciona altitud suficiente para que se forme un "mar de nubes" estable que proteja a la vegetación y al suelo de la radiación, favoreciendo la erosión del suelo.

Temperatura media anual

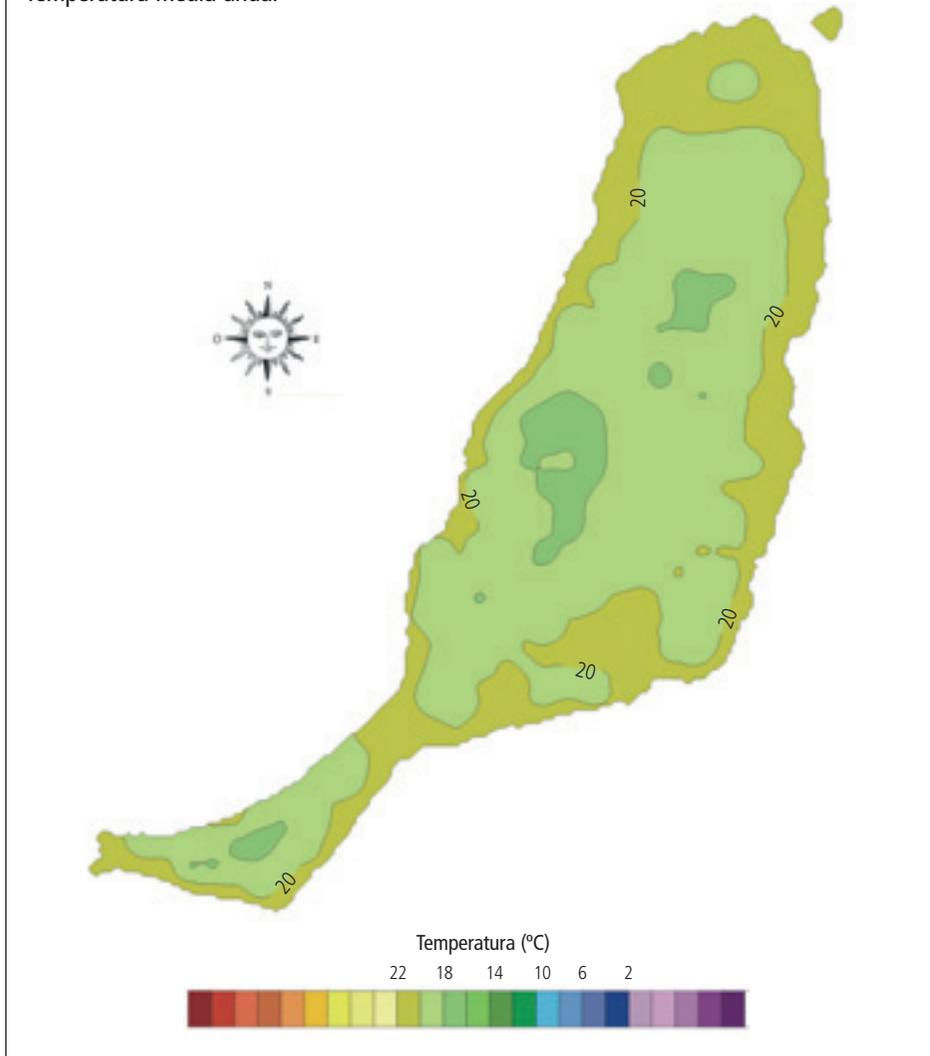


Figura 5.20. Temperatura media anual. Las temperaturas medias elevadas, aunque en las costas las mínimas pueden ser más bajas que en otras islas por efecto de la corriente fría de Canarias. Elaboración propia a partir de datos del INM.

Precipitación anual

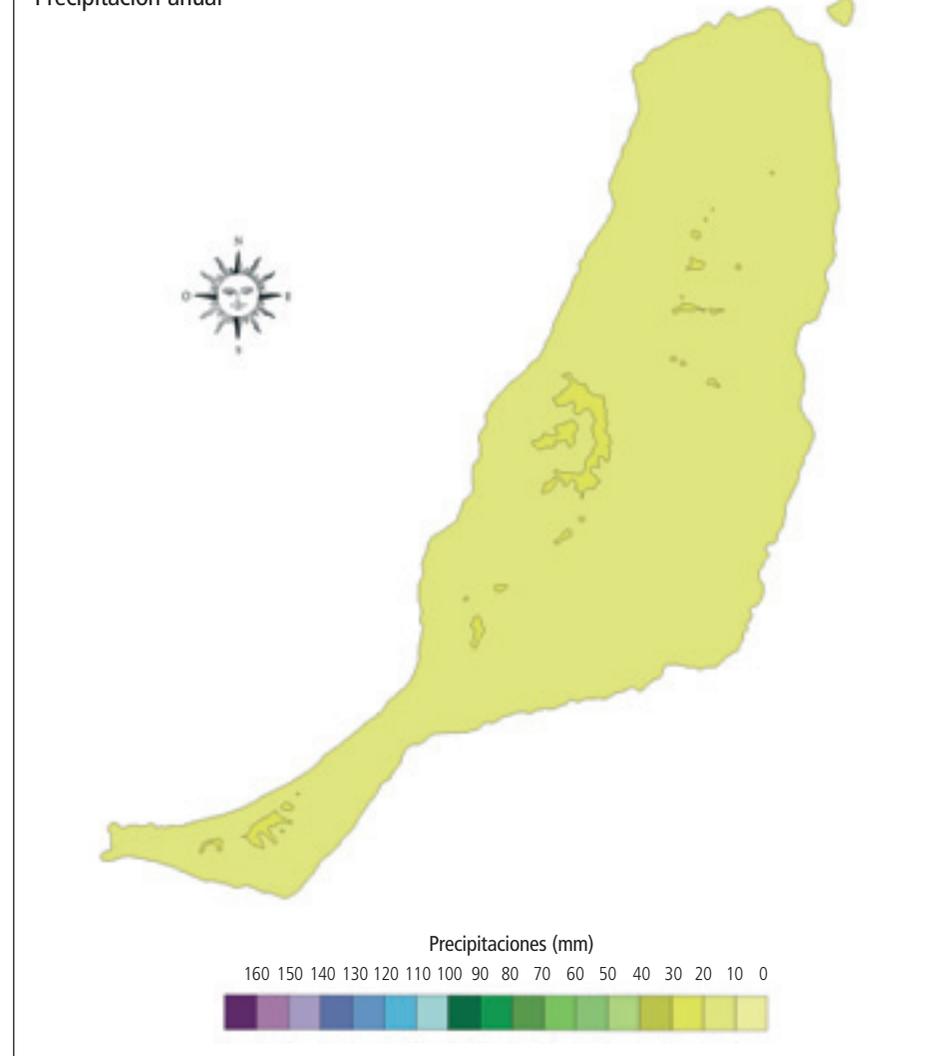


Figura 5.21. Precipitación media anual. Las precipitaciones no sólo son reducidas sino también irregulares, alterándose periodos de cierta precipitación con otros de fuerte sequía, que generan situaciones de incertidumbre que deben regularse para favorecer el desarrollo económico, social y ambiental sostenible. Elaboración propia a partir de datos del INM.

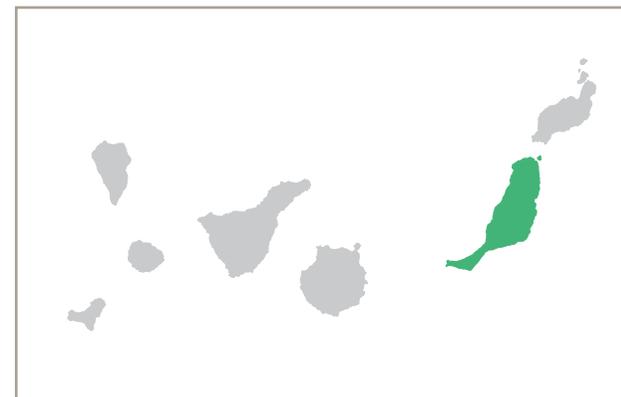
que las plantas y los cultivos sufran un importante estrés hídrico y que las condiciones resulten poco favorables para la agricultura de secano.

Estas condiciones han condicionado que la densidad de población haya sido baja, y que los habitantes hayan tenido que emigrar en diferentes ocasiones, desempeñando el hombre mayorero un papel activo en el proceso de configuración de la isla al desarrollar técnicas de cultivo como las gavias, que permiten captar el agua de escorrentía, canalizarla y almacenar en el suelo el agua necesaria para el cultivo, a la par que se evita su evaporación, por lo que se pueden calificar de aportaciones culturales de gran trascendencia. Pese a esto, la suma de las condiciones adversas para la agricultura de secano y de la baja rentabilidad de los productos agrícolas ha motivado que las gavias hayan sido progresivamente abandonadas, corriéndose el peligro de que se pierda definitivamente este importante patrimonio cultural y ambiental.

En otros casos, sin embargo, el comportamiento humano no ha resultado tan adaptativo, particularmente en el caso de problemas complejos para cuya solución se precisa asumir una visión más amplia que la que ofrece la cultura general. Esto se refleja en los problemas derivados de los cambios climáticos que se han sucedido en Fuerteventura, caracterizados por la alternancia de periodos relativamente lluviosos, durante los cuales se ha aumentado las zonas de cultivo pensando que la situación se mantendría, con periodos más secos durante los cuales es necesario reducir la extensión de los campos de cultivo abandonándolos con el consiguiente impacto económico, social y ambiental que han acelerado la desertificación, reduciendo las posibilidades agrícolas.

No obstante, afortunadamente las mismas combinaciones climáticas que antaño resultaban poco favorables para la agricultura, hoy son favorables para el turismo de "sol y de playa", que ha experimentado durante las últimas décadas un importante desarrollo impulsado por las condiciones del clima y de las playas y por la ampliación de la demanda como consecuencia de la generalización de las vacaciones y del desarrollo de la aviación. Sin embargo, subsiste la incertidumbre de que, al no tener-

se el control de estas condiciones, pudieran producirse cambios desfavorables, repitiéndose lo sucedido con la agricultura al incrementar la oferta linealmente debido a la mejora de las condiciones, ampliando las áreas de cultivo, sin tener en cuenta el impacto derivado de la variación de los factores favorables y la disminución de la capacidad de carga. Por ello, sería aconsejable regular el crecimiento del turismo, asumiendo una perspectiva temporal y espacial amplia que garantice las necesidades de la población, los beneficios al capital invertido y también la sostenibilidad ambiental, social y económica a medio y largo plazo, sin superar la capacidad de carga que incorpora los ciclos climáticos, económicos y demográficos. Esto evita la erosión o degradación de las condiciones naturales, demográficas y culturales que sirven de sustento al turismo, promoviendo al respecto planes, programas y proyectos orientados a proteger el patrimonio natural, etnográfico, rural y cultural legado por las anteriores generaciones, junto a otros orientados a enriquecerlo.

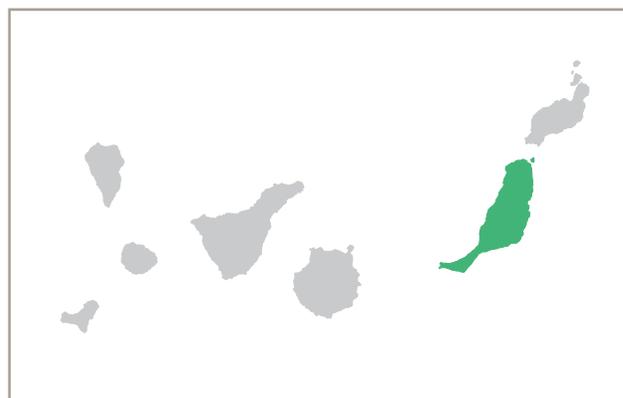


TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN

Las temperaturas son cálidas, si bien en la costa pueden ser más bajas que en las islas occidentales.

La precipitación es reducida e irregular, que unido a las condiciones de los suelos, favorece la erosión hídrica y eólica, máxime si desaparecen las gavias que han venido contribuyendo a reducir los procesos erosivos, por lo que deberían mantenerse, con independencia de su rentabilidad inmediata.

La humedad relativa presenta valores medios y relativamente constantes en las zonas de baja altitud que se encuentran abiertas al alisio, como Corralejo (tabla 5.14); aumentando en las zonas más altas, particularmente en el caso de las orientadas a barlovento, pues al ascender el aire del alisio por las laderas se enfría y aumenta la humedad, como sucede en Antigua (tabla 5.17).



TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

CORRALEJO		Coordenadas UTM (m): 610.150 - 3.178.800; Altitud 21 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	20,1	20,5	22,0	22,5	23,5	25,3	27,1	28,0	27,7	26,1	23,9	21,9	24,0
	Media mín. diaria	14,2	14,1	14,9	15,2	16,3	18,3	19,9	20,8	20,6	19,2	17,1	15,7	17,2
	Media mensual	17,2	17,3	18,5	18,9	19,9	21,8	23,4	24,4	24,2	22,5	20,5	18,4	20,6
	Media oscilación diaria	5,9	6,5	7,1	7,3	7,2	7,0	7,1	7,2	7,2	6,9	6,7	6,2	6,9
Humedad (%)	Media máx. diaria	83,0	83,0	82,0	83,0	84,0	83,0	85,0	89,0	88,0	87,0	83,0	84,0	84,5
	Media mín. diaria	71,0	71,0	70,0	71,0	72,0	71,0	73,0	77,0	76,0	76,0	72,0	74,0	72,8
	Media mensual	77,0	77,0	76,0	77,0	78,0	77,0	79,0	83,0	82,0	81,5	77,5	79,0	78,7
	Media oscilación diaria	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,0	11,0	10,0	11,7
Precipitación (mm)	Media mensual	15,3	14,8	10,0	3,0	2,2	2,3	0,9	0,8	2,3	16,8	18,3	19,5	106,2

Tabla 5.14. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Corralejo. Elaboración propia a partir de datos del INM.

MORRO JABLE		Coordenadas UTM (m): 566.450 - 3.103.200; Altitud 29 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	20,1	20,5	21,9	22,5	23,5	25,3	27,1	28,0	27,8	26,1	23,9	21,9	24,0
	Media mín. diaria	14,1	14,0	14,8	15,1	16,2	18,2	19,8	20,7	20,5	19,0	17,1	15,6	17,1
	Media mensual	17,1	17,2	18,4	18,8	19,9	21,8	23,4	24,4	24,2	22,5	20,5	18,3	20,5
	Media oscilación diaria	6,0	6,5	7,2	7,4	7,3	7,1	7,3	7,4	7,3	7,0	6,8	6,3	7,0
Humedad (%)	Media máx. diaria	79,0	79,0	78,0	80,0	83,0	82,0	83,0	85,0	85,0	85,0	81,0	82,0	81,8
	Media mín. diaria	65,0	64,0	63,0	65,0	68,0	68,0	68,0	70,0	71,0	71,0	67,0	69,0	67,4
	Media mensual	72,0	71,5	70,5	72,5	75,5	75,0	75,5	77,5	78,0	78,0	74,0	75,5	74,6
	Media oscilación diaria	14,0	15,0	15,0	15,0	15,0	14,0	15,0	15,0	14,0	14,0	14,0	13,0	14,4
Precipitación (mm)	Media mensual	15,6	15,1	10,1	3,0	2,2	2,3	0,9	0,8	2,3	16,9	18,7	19,7	107,7

Tabla 5.15. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Morro Jable. Elaboración propia a partir de datos del INM.

TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

PUERTO DEL ROSARIO		Coordenadas UTM (m): 611.350 - 3.153.900; Altitud 61 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	20,0	20,4	21,9	22,4	23,5	25,3	27,1	28,1	27,8	26,1	23,9	21,9	24,0
	Media mín. diaria	14,0	13,9	14,6	15,0	16,1	18,1	19,7	20,5	20,3	18,9	17,0	15,5	17,0
	Media mensual	17,0	17,1	18,3	18,7	19,8	21,7	23,4	24,3	24,1	22,4	20,5	18,2	20,5
	Media oscilación diaria	6,0	6,6	7,2	7,4	7,4	7,2	7,4	7,5	7,5	7,2	6,9	6,4	7,1
Humedad (%)	Media máx. diaria	79,0	79,0	79,0	78,0	77,0	78,0	78,0	79,0	81,0	82,0	81,0	80,0	79,3
	Media mín. diaria	64,0	65,0	63,0	62,0	62,0	64,0	66,0	67,0	68,0	67,0	66,0	65,0	64,9
	Media mensual	71,5	72,0	71,0	70,0	69,5	71,0	72,0	73,0	74,5	74,5	73,5	72,5	72,1
	Media oscilación diaria	15,0	14,0	16,0	16,0	15,0	14,0	12,0	12,0	13,0	15,0	15,0	15,0	14,3
Precipitación (mm)	Media mensual	16,0	15,5	10,3	3,1	2,2	2,3	0,9	0,8	2,3	16,9	19,3	19,8	109,4

Tabla 5.16. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Puerto del Rosario. Elaboración propia a partir de datos del INM.

ANTIGUA		Coordenadas UTM (m): 596.800 - 3.144.800; Altitud 271 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	18,1	18,6	20,6	21,6	23,0	25,8	28,1	28,8	29,1	26,8	24,0	20,8	23,9
	Media mín. diaria	10,7	10,5	11,3	11,6	12,6	14,6	16,5	16,9	17,3	15,4	13,7	12,2	13,5
	Media mensual	14,3	14,5	15,9	16,4	17,6	20,1	22,2	23,1	23,0	21,1	18,9	16,3	18,6
	Media oscilación diaria	7,4	8,0	9,4	10,0	10,5	11,1	11,6	11,9	11,8	11,4	10,3	8,6	10,2
Humedad (%)	Media máx. diaria	78,0	78,0	80,0	86,0	87,0	90,0	91,0	90,0	90,0	84,0	77,0	84,0	84,6
	Media mín. diaria	63,0	59,0	60,0	67,0	66,0	69,0	73,0	69,0	69,0	67,0	61,0	66,0	65,8
	Media mensual	70,5	68,5	70,0	76,5	76,5	79,5	82,0	79,5	79,5	75,5	69,0	75,0	75,2
	Media oscilación diaria	15,0	19,0	20,0	19,0	21,0	21,0	18,0	21,0	21,0	17,0	16,0	18,0	18,8
Precipitación (mm)	Media mensual	27,0	25,8	14,1	3,9	3,8	2,3	0,6	0,8	2,5	19,7	35,7	24,5	160,8

Tabla 5.17. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Antigua. Elaboración propia a partir de datos del INM.



VIENTO

La proximidad al continente condiciona que la frecuencia de los vientos de componente norte durante el verano sea mayor que en las islas occidentales, como sucede en La Oliva (figura 5.22) y en Punta de Jandía (figura 5.23).

Sin embargo, en la estación del Aeropuerto dominan los vientos de componente NE, condicionados posiblemente por la topografía.

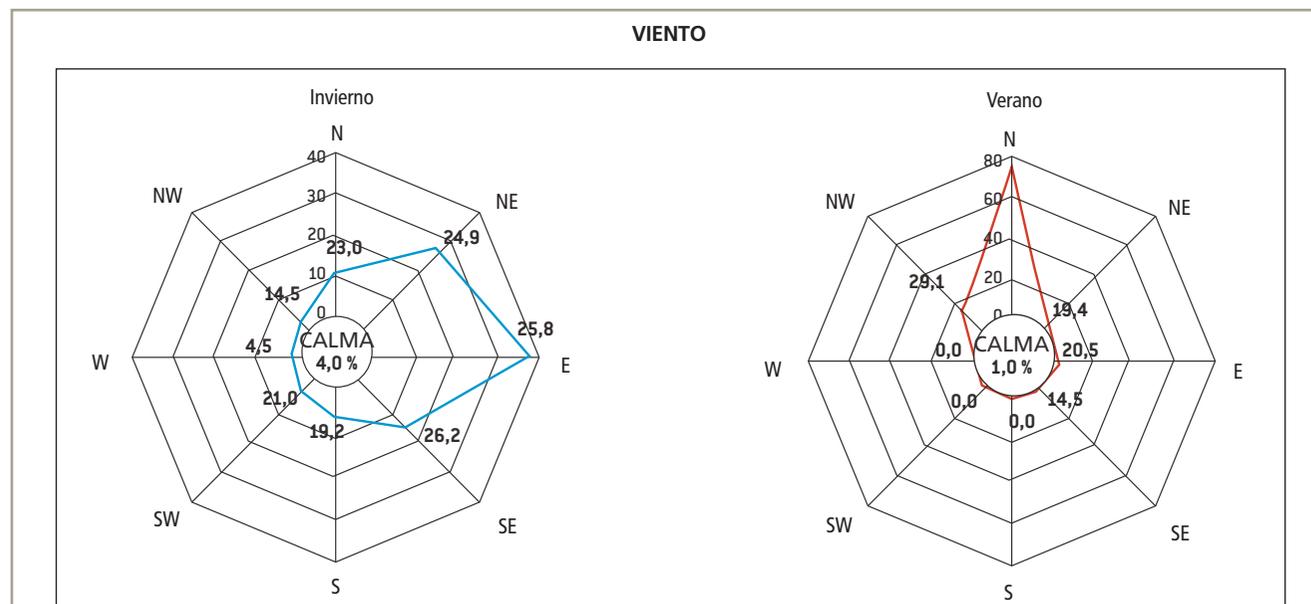
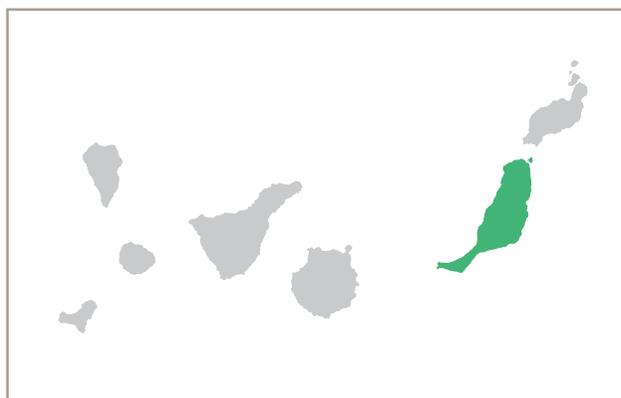


Figura 5.22. Dirección y velocidad del viento en La Oliva (Corralejo) (9 m altitud). Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

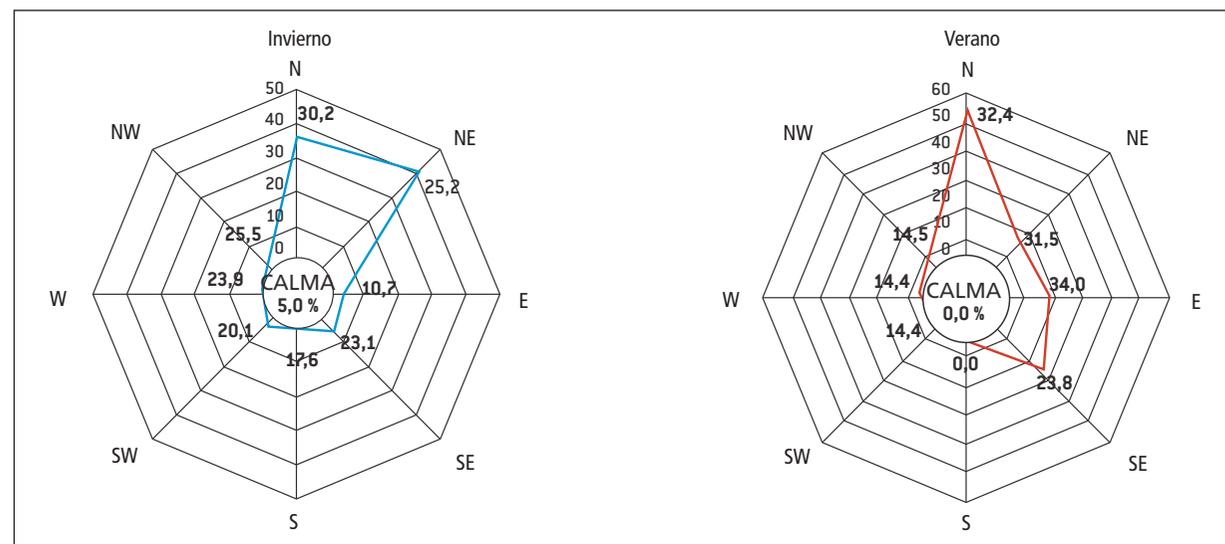


Figura 5.23. Dirección y velocidad del viento en Pájara (Punta de Jandía) (184 m altitud). Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

VIENTO

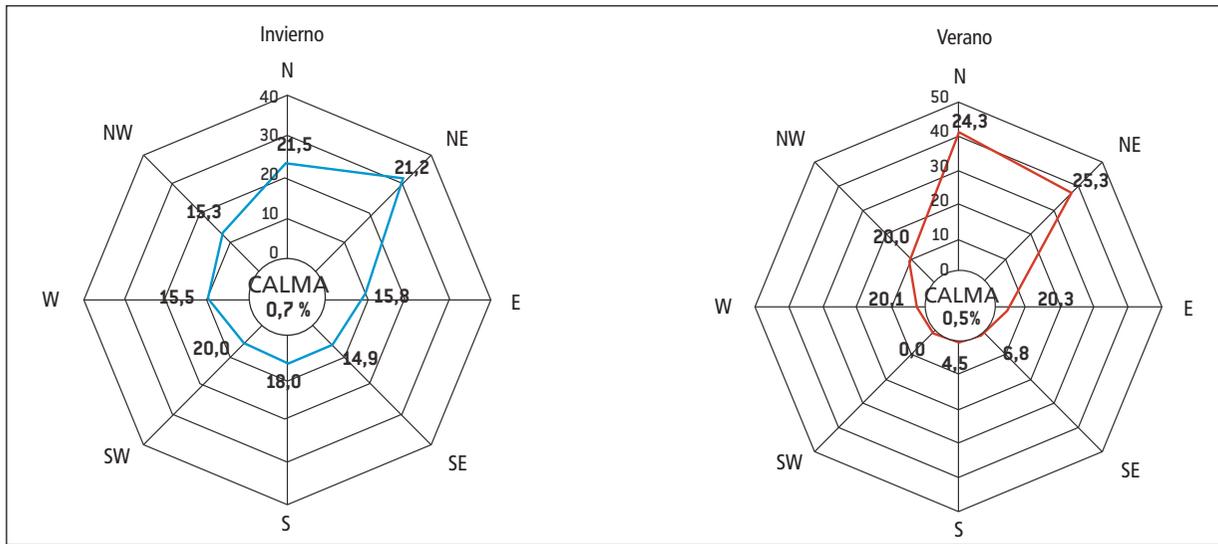
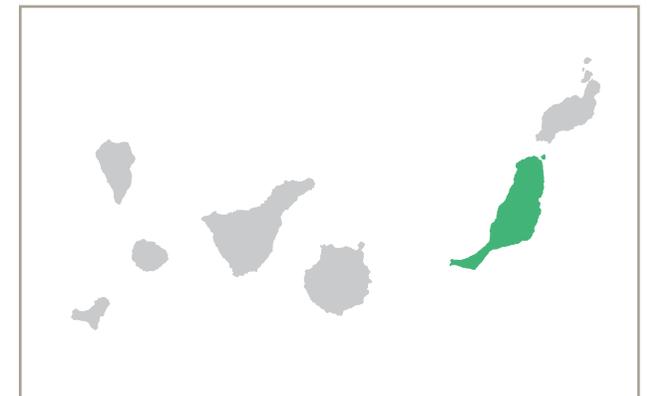


Figura 5.24. Dirección y velocidad del viento de Puerto del Rosario (Aeropuerto) (33 m altitud). Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.



RADIACIÓN

La irradiación en Fuerteventura es intensa debido a su baja nubosidad, al no producirse grandes diferencias entre laderas con diferente orientación al condicionar éstas escasamente la nubosidad de las estaciones. Los valores más altos corresponden a la estación de Las Cañadas del Río (figura 5.25) y de El Cotillo (figura 5.26).

Los valores más bajos de irradiación durante el verano se producen en Betancuría (figura 5.27) donde es también es menor la oscilación anual de la radiación

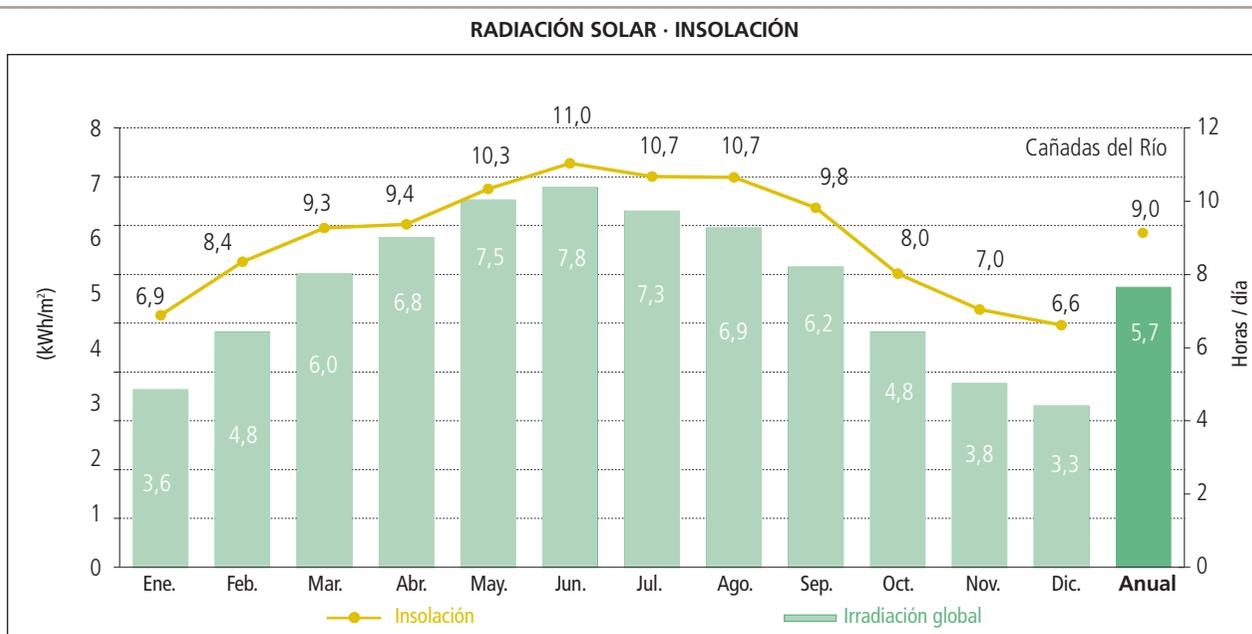
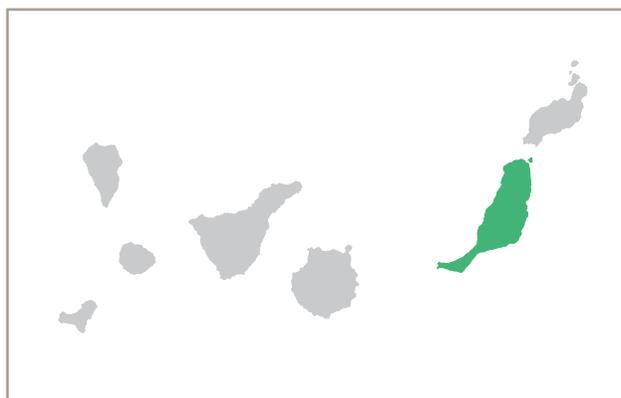


Figura 5.25. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Cañadas del Río (26 m altitud). Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

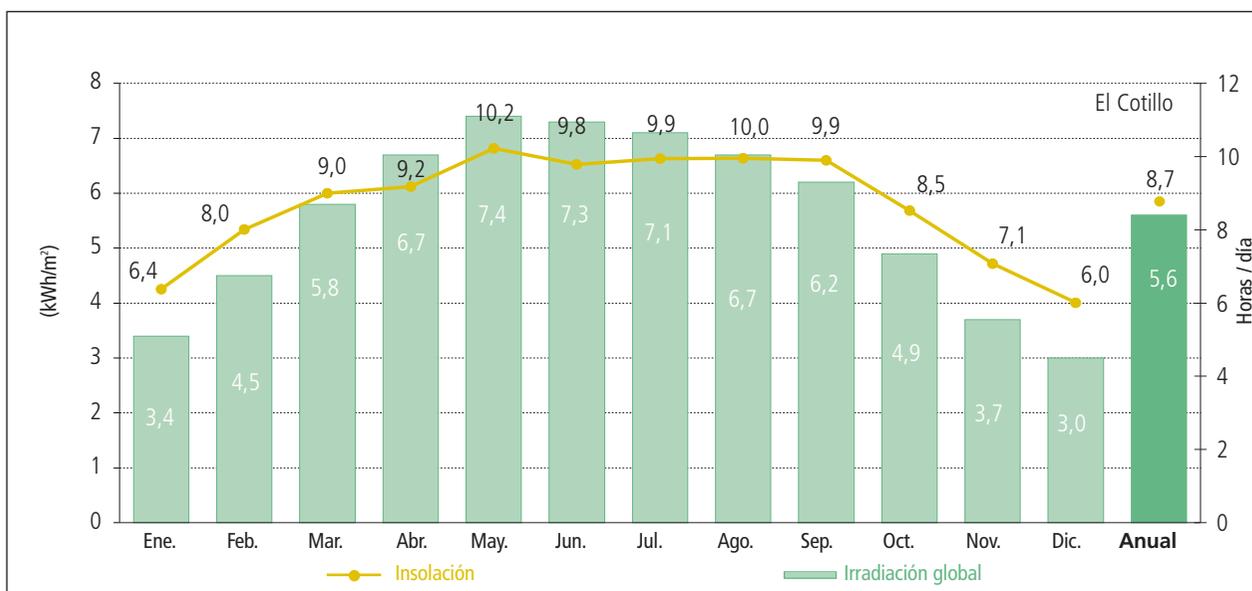


Figura 5.26. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en El Cotillo (31 m altitud). Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

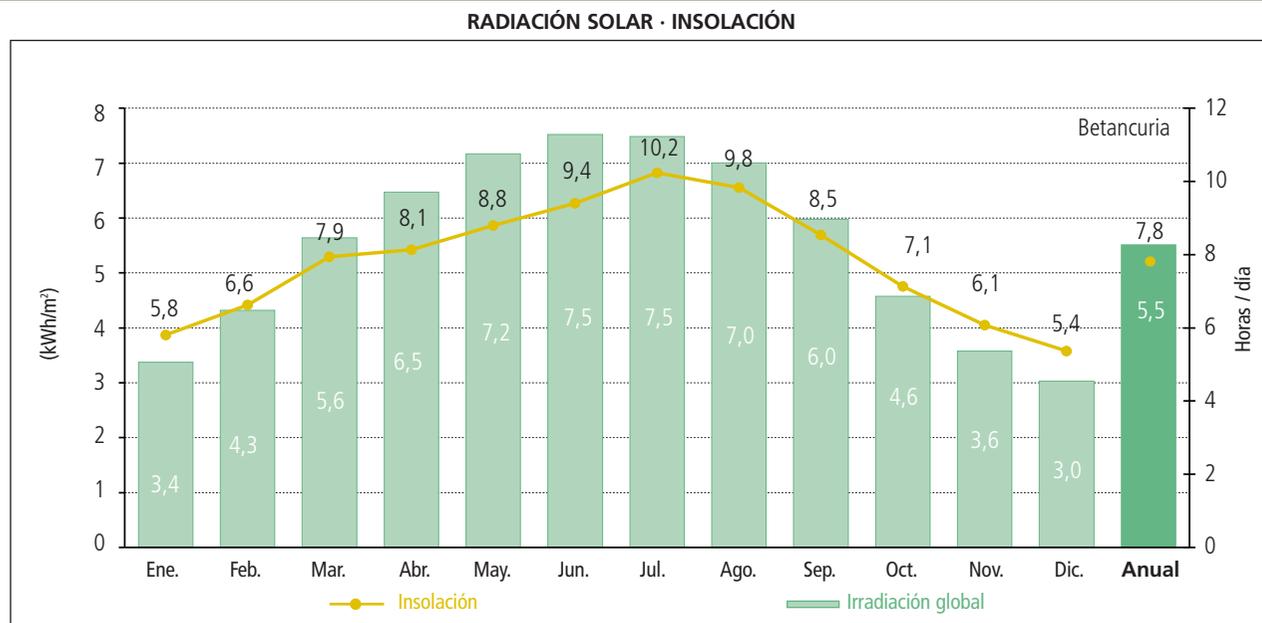
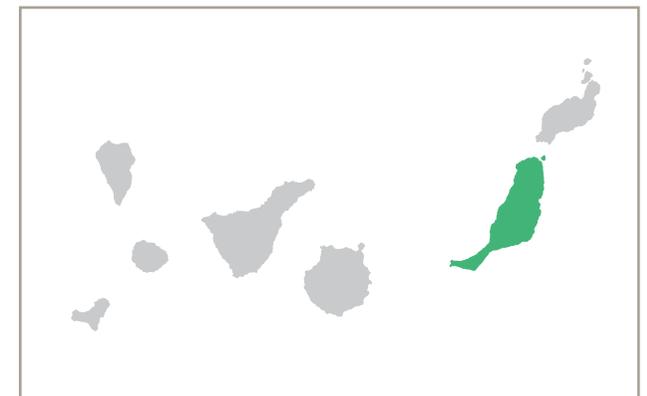


Figura 5.27. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Betancuria (400 m altitud). Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.



LANZAROTE

PARTICULARIDADES Y LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES

El clima, del paisaje y las actividades económicas de Lanzarote se encuentran condicionados por su proximidad al continente y a la corriente fría de Canarias, así como por su bajo perfil altitudinal y la forma alargada en dirección NE-SO, estando relacionada ésta, a su vez, por la diferencia entre la intensidad de los procesos constructivos y erosivos sobre el relieve.

La proximidad a la corriente fría de Canarias contribuye a que las temperaturas mínimas diarias en la costa sean más bajas que en las islas occidentales y a que la altura de la inversión térmica sea menor. Sin embargo, los factores más determinantes son el bajo perfil altitudinal y la forma alargada en sentido NESO, similar al de Fuerteventura y muy diferente del de las islas occidentales como el Hierro y La Palma, que parece ser resultado de que la actividad volcánica constructiva del relieve se desplaza de las islas orientales a las occidentales, posibilitando que en las orientales predomine la acción erosiva y que, debido a su mayor antigüedad, hayan estado sometidas a una intensa erosión posibilitando el bajo perfil altitudinal de Fuerteventura, caracterizado por una altitud máxima reducida (670 m) en relación con la considerable extensión superficial (862 km²) de la Isla (figura 5.28).

El perfil altitudinal bajo posibilita que el viento penetre hasta el interior y que no se produzcan fenómenos de sombra eólica entre barlovento y sotavento como en las islas más occidentales. Además, hace que sea difícil la formación de un "mar de nubes" general, y relativamente estable, motivando que la radiación solar sea intensa, que los suelos sufran un elevado proceso de mineralización de su materia orgánica y que la vegetación y los

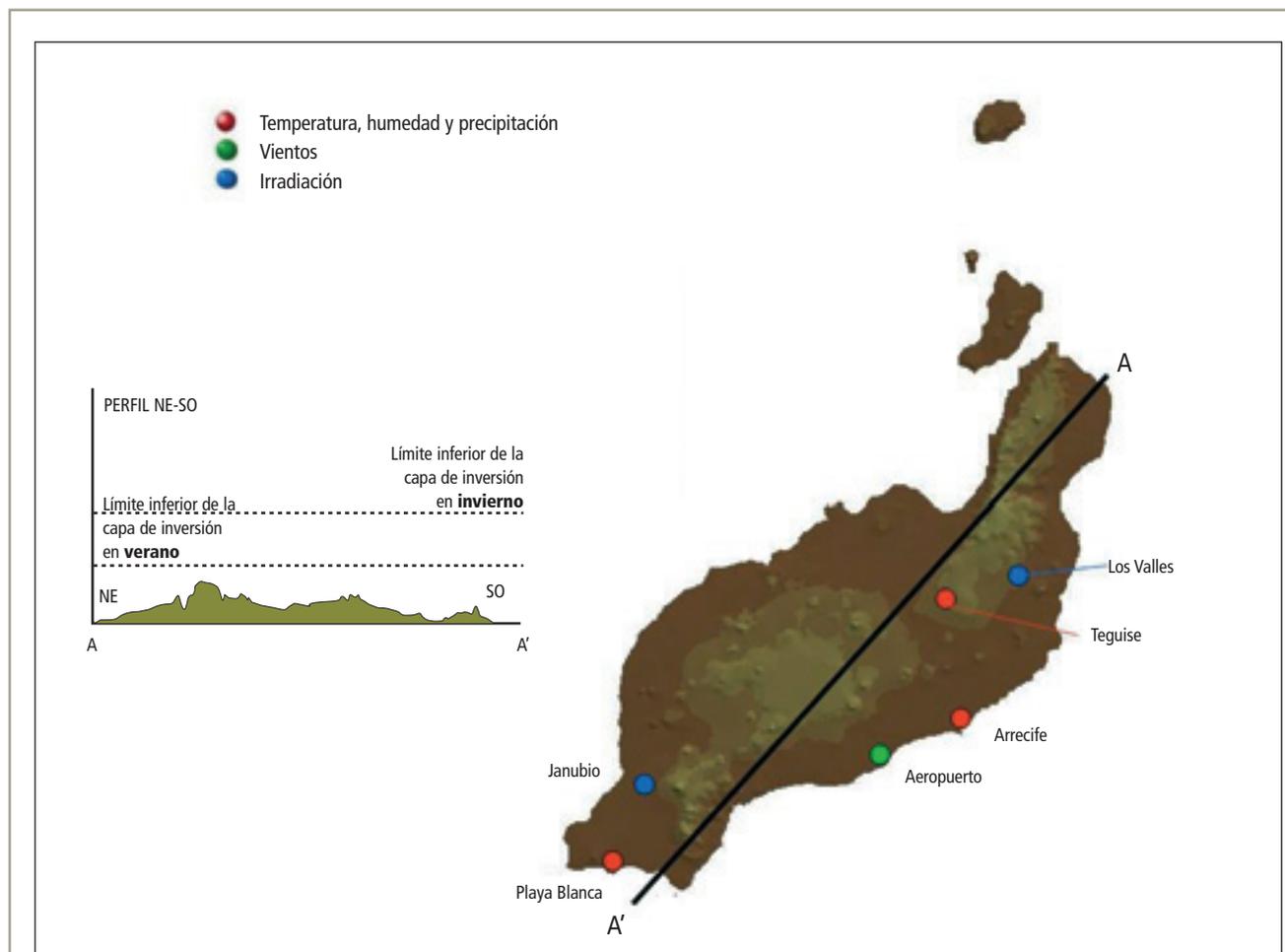


Figura 5.28. Fisiografía general y localización de estaciones de Fuerteventura. Se aprecia la forma alargada siguiendo un eje NE-SO y un perfil altitudinal aplicado que no alcanza el límite inferior de la capa de inversión.

cultivos se vean sometidos a un fuerte estrés hídrico, condiciones poco favorables para la agricultura de secano.

Sin embargo, el ingenio del agricultor conejero le ha permitido adaptarse a las condiciones del medio aprovechando la información ofrecida por la Naturaleza con motivo de las erupciones del

siglo XVIII, que cubrieron grandes extensiones de cultivo con una fría capa de picón (lapilli) con efectos favorables para el desarrollo de algunos cultivos debido a que la humedad del aire penetra entre los fragmentos de picón y se condensa al enfriarse el picón por las noches por efecto de la radiación térmica, proporcionando

al suelo un suplemento de humedad añadida a la que procede de las irregulares precipitaciones. Además, el picón contribuye a reducir la evaporación, la mineralización de la materia y la erosión del suelo posibilitando que se desarrollen cultivos que, de otra forma, serían imposibles de obtener sin agua de riego.

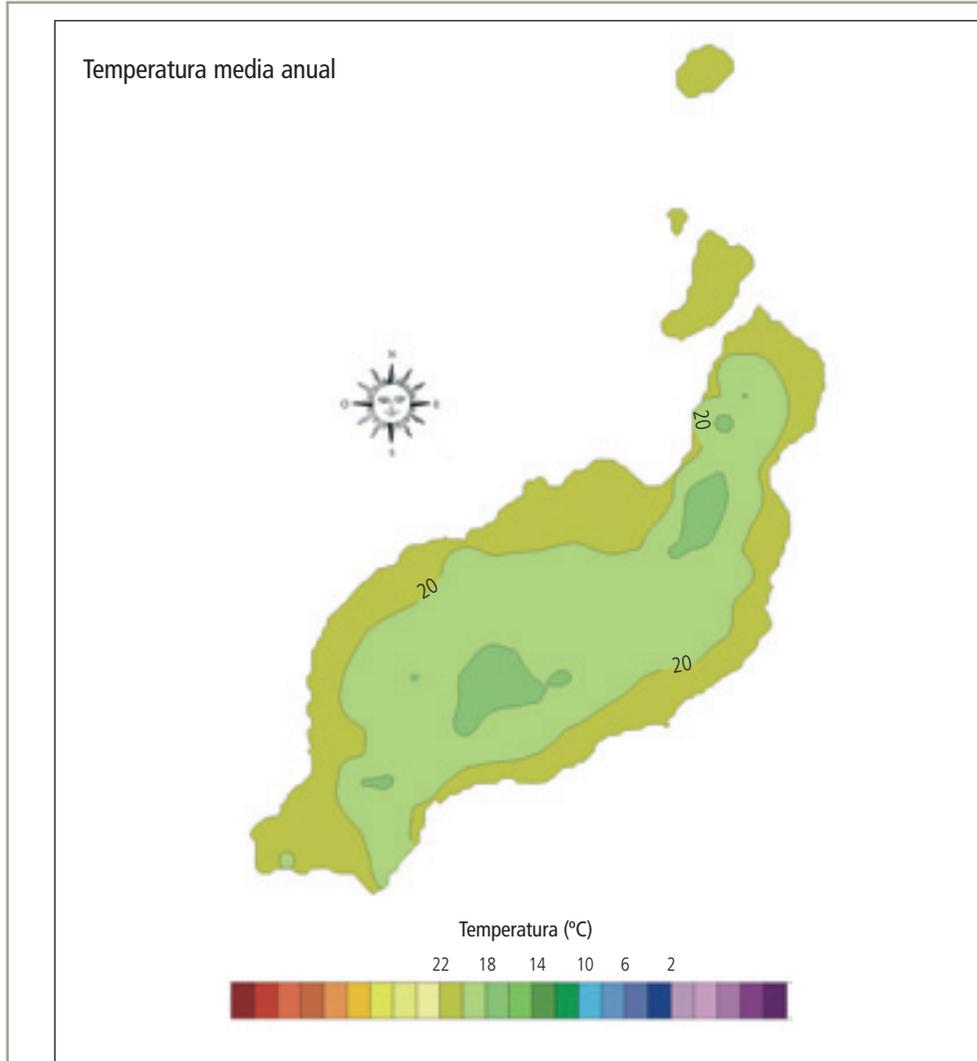


Figura 5.29. Temperatura media anual. Elaboración propia a partir de datos del INM.

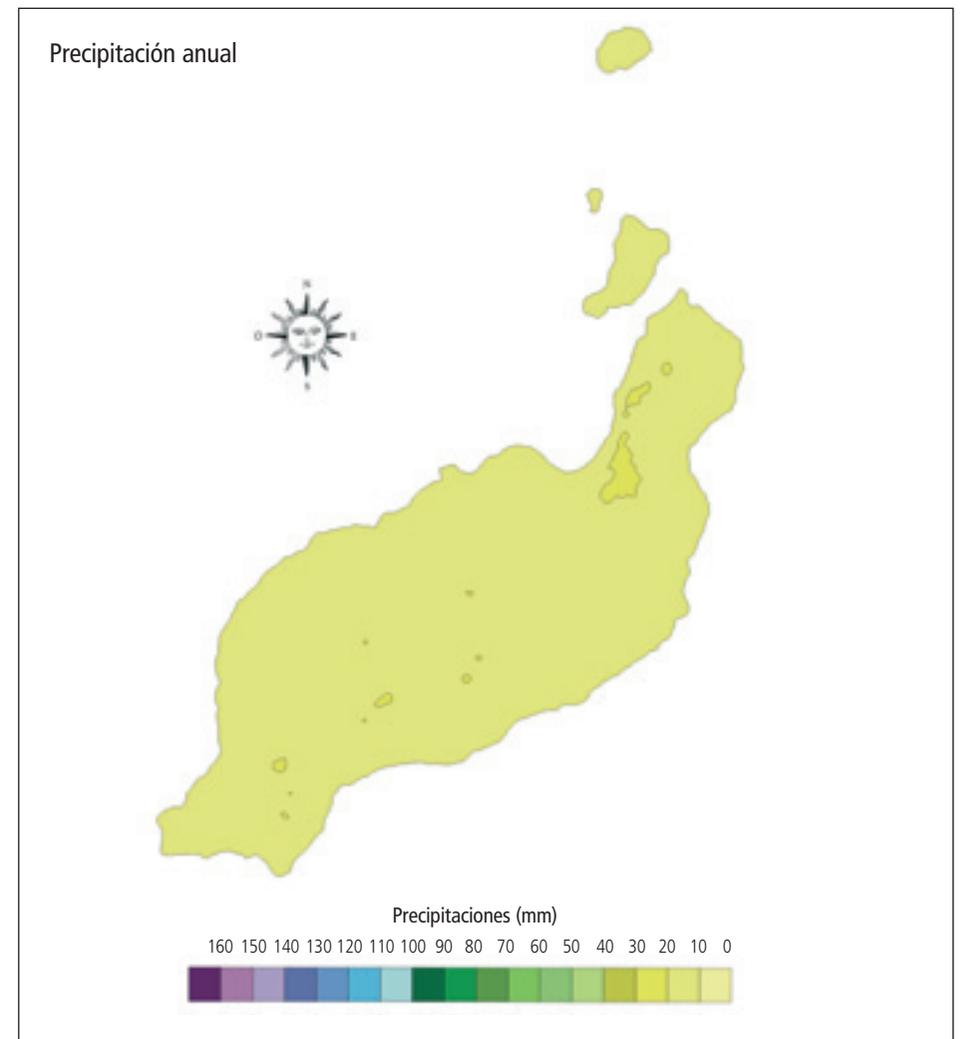
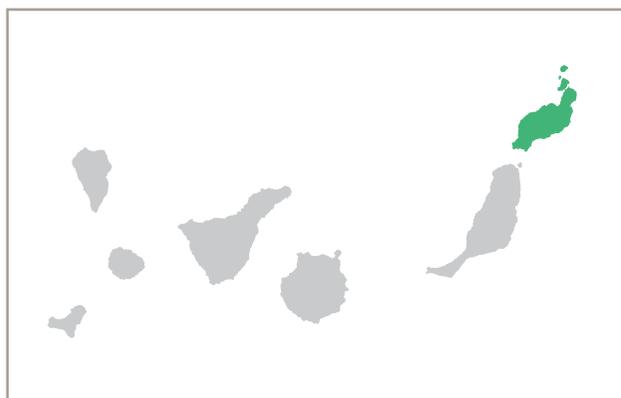


Figura 5.30. Precipitación anual. La reducida precipitación anual explica la aridez del paisaje de Fuerteventura. Elaboración propia a partir de datos del INM.

Los resultados positivos obtenidos casualmente, sirvieron de inspiración para su extensión a situaciones equivalentes que se daban en la isla y que no se aprovechaban por desconocimiento: los suelos fósiles bajo mantos de lava de poco espesor y los suelos sepultados por una capa de picón de cierto espesor comenzaron a explotarse excavando conos invertidos de cierta profundidad en cuyo fondo se plantan árboles y vides. Además, inspirarían también el desarrollo de cultivos enarenados artificiales en los cuales los suelos se cubren con arena para facilitar la infiltración de agua, reducir la evaporación y captar la humedad del rocío que se condensa al enfriarse la arena por irradiación nocturna, posibilitando cultivar boniatos, sandía y melones. Esto representa ejemplos notables de adaptación cultural, los cuales han permitido aprovechar las condiciones particulares del clima y del suelo, configurándose agroecosistemas de gran valor cultural y ambiental así como paisajes de extraordinaria belleza como los que se forman en la Vega Grande y en La Geria.

Sin embargo, en la actualidad la actividad agraria se encuentra en retroceso ante el espectacular desarrollo de una actividad económica más rentable, el turismo, que representa la principal fuente de riqueza de la Isla y que compite con las explotaciones agrarias por el capital, el suelo y la mano de obra, condicionando el rápido retroceso de las actividades agrarias que, de consolidarse definitivamente, supondría un importante impacto nega-



tivo para diversos valores naturales, antropológicos y culturales, que además pudieran ser causa también de impactos negativos indirectos y a medio plazo sobre la calidad de vida de la población y sobre la economía.

Afortunadamente, Lanzarote ha contado con la sombra protectora de Cesar Manrique, que luchó a lo largo de su vida por un turismo sostenible, acorde con las necesidades de la pobla-

ción, las condiciones del clima y las particularidades del paisaje. No obstante, aún subsiste la amenaza de que se imponga un desarrollo en el que prime la capitalización a corto plazo de las plusvalías del terreno y de las inversiones prescindiendo de las condiciones del medio que no garanticen la protección y desarrollo de los recursos naturales y culturales acordes con un desarrollo sostenible.

TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

ARRECIFE		Coordenadas UTM (m): 641.250 - 3.205.700; Altitud 35 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	20,1	20,5	21,9	22,5	23,5	25,3	27,1	28,0	27,8	26,1	23,9	21,9	24,0
	Media mín. diaria	14,2	14,0	14,8	15,1	16,3	18,3	19,9	20,7	20,5	19,1	17,1	15,6	17,1
	Media mensual	17,2	17,3	18,4	18,8	19,9	21,8	23,4	24,4	24,2	22,5	20,5	18,3	20,6
	Media oscilación diaria	6,0	6,5	7,1	7,3	7,3	7,0	7,2	7,3	7,3	7,0	6,8	6,3	6,9
Humedad (%)	Media máx. diaria	81,0	81,0	80,0	81,0	82,0	81,0	83,0	84,0	85,0	84,0	82,0	83,0	82,3
	Media mín. diaria	64,0	63,0	60,0	59,0	60,0	59,0	60,0	60,0	63,0	63,0	63,0	66,0	61,7
	Media mensual	72,5	72,0	70,0	70,0	71,0	70,0	71,5	72,0	74,0	73,5	72,5	74,5	72,0
	Media oscilación diaria	17,0	18,0	20,0	22,0	22,0	22,0	23,0	24,0	22,0	21,0	19,0	17,0	20,6
Precipitación (mm)	Media mensual	15,5	15,0	10,1	3,0	2,2	2,3	0,9	0,8	2,3	16,8	18,5	19,6	107,0

Tabla 5.18. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Arrecife. Elaboración propia a partir de datos del INM.

PLAYA BLANCA		Coordenadas UTM (m): 613.450 - 3.194.000; Altitud 44 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	20,0	20,4	21,9	22,4	23,5	25,3	27,1	28,1	27,9	26,1	23,9	21,9	24,0
	Media mín. diaria	14,0	13,8	14,6	14,9	16,0	18,1	19,7	20,5	20,3	18,9	16,9	15,4	16,9
	Media mensual	17,0	17,1	18,3	18,7	19,8	21,7	23,3	24,3	24,1	22,4	20,4	18,2	20,5
	Media oscilación diaria	6,0	6,6	7,3	7,5	7,4	7,2	7,5	7,6	7,6	7,2	7,0	6,4	7,1
Humedad (%)	Media máx. diaria	84,0	83,0	83,0	85,0	87,0	85,0	87,0	92,0	92,0	91,0	86,0	87,0	86,8
	Media mín. diaria	73,0	71,0	71,0	72,0	75,0	72,0	74,0	79,0	80,0	80,0	74,0	79,0	75,0
	Media mensual	78,5	77,0	77,0	78,5	81,0	78,5	80,5	85,5	86,0	85,5	80,0	83,0	80,9
	Media oscilación diaria	11,0	12,0	12,0	13,0	12,0	13,0	13,0	13,0	12,0	11,0	12,0	8,0	11,8
Precipitación (mm)	Media mensual	16,1	15,6	10,3	3,1	2,3	2,3	0,9	0,8	2,3	17,0	19,5	19,9	110,0

Tabla 5.19. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Playa Blanca. Elaboración propia a partir de datos del INM.

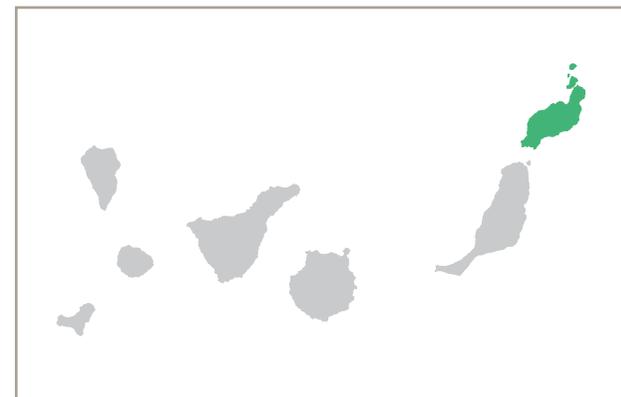
TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN

Las temperaturas medias son moderadas debido a las reducidas elevaciones (figura 5.29).

Las precipitaciones son reducidas (figura 5.30) como consecuencia del escaso gradiente altitudinal, de que las borrascas atlánticas llegan con mayor dificultad debido a la mayor distancia, a la proximidad del anticiclón africano y al efecto de estabilización atmosférica que produce la corriente fría de Canarias.

La temperatura diaria de las mínimas en las estaciones costeras es inferior que en las islas occidentales por el acceso a las costas del agua fría procedente de la corriente de Canarias.

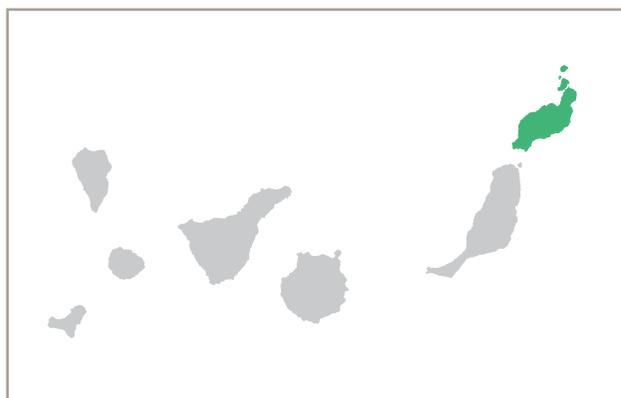
Las máximas diarias de la humedad relativa de las estaciones costeras son particularmente altas, posiblemente como consecuencia de la disminución de las temperaturas mínimas diarias.



TEMPERATURA · HUMEDAD · PRECIPITACIÓN

TEGUISE		Coordenadas UTM (m): 640.500 - 3.216.000; Altitud 331 m												
Características Bioclimáticas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	Media máx. diaria	17,9	18,3	20,5	21,5	23,0	25,8	28,6	29,7	29,4	26,9	24,0	20,7	23,9
	Media mín. diaria	10,3	10,1	10,9	11,2	12,1	14,2	15,7	16,4	16,3	15,0	13,3	11,8	13,1
	Media mensual	14,0	14,2	15,6	16,1	17,4	20,0	22,1	23,0	22,9	21,0	18,7	16,1	18,4
	Media oscilación diaria	7,6	8,2	9,6	10,3	10,8	11,6	12,9	13,3	13,1	11,9	10,7	8,8	10,8
Humedad (%)	Media máx. diaria	82,0	81,0	82,0	82,0	83,0	83,0	86,0	89,0	88,0	84,0	80,0	86,0	83,8
	Media mín. diaria	62,0	62,0	60,0	59,0	58,0	59,0	67,0	61,0	65,0	63,0	59,0	68,0	61,9
	Media mensual	72,0	71,5	71,0	70,5	70,5	71,0	76,5	75,0	76,5	73,5	69,5	77,0	72,9
	Media oscilación diaria	20,0	19,0	22,0	23,0	25,0	24,0	19,0	28,0	23,0	21,0	21,0	18,0	21,9
Precipitación (mm)	Media mensual	28,3	27,1	14,6	4,0	4,0	2,3	0,6	0,8	2,5	20,1	37,7	25,0	167,0

Tabla 5.20. Información sobre temperatura, humedad y precipitación de Teguisse. Elaboración propia a partir de datos del INM.



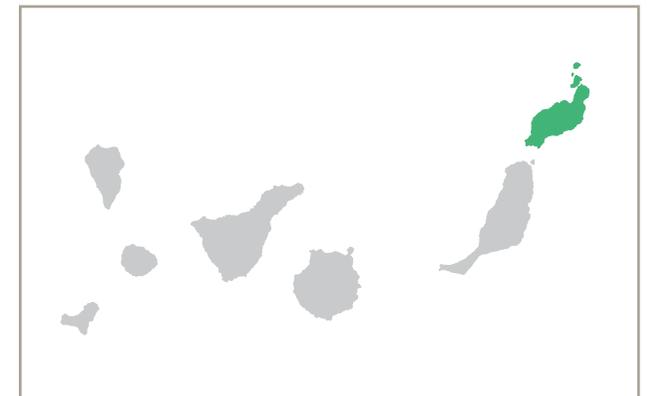
VIENTO



Figura 5.31. Dirección y velocidad del viento de Arrecife (Aeropuerto) (23 m altitud) en verano y en invierno. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

VIENTO

Como en Fuerteventura, los vientos alisios son persistentes y afectan al confort térmico en verano, dominando la componente N, como sucede en la estación de Aeropuerto (figura 5.31) debido a la forma alargada de la isla en dirección NE-SO.



RADIACIÓN

A consecuencia de la baja nubosidad que se produce en Lanzarote, aunque la humedad del aire es elevada y en la atmósfera existe polvo en suspensión de origen sahariano, la irradiación es posiblemente la más alta de Canarias. Así se evidencia en el caso de la estación de Janubio (figura 5.32) expuesta a los alisios, y en la estación de Los Valles (figura 5.33) situada a sota-vento.

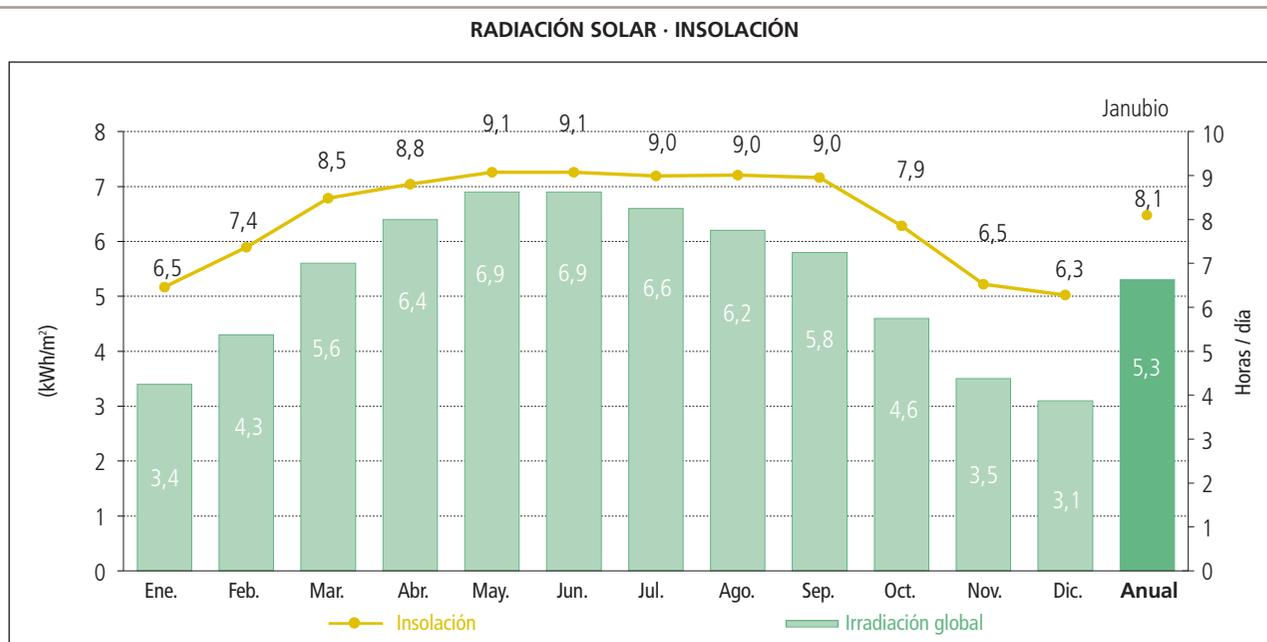


Figura 5.32. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Janubio (44 m altitud). Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

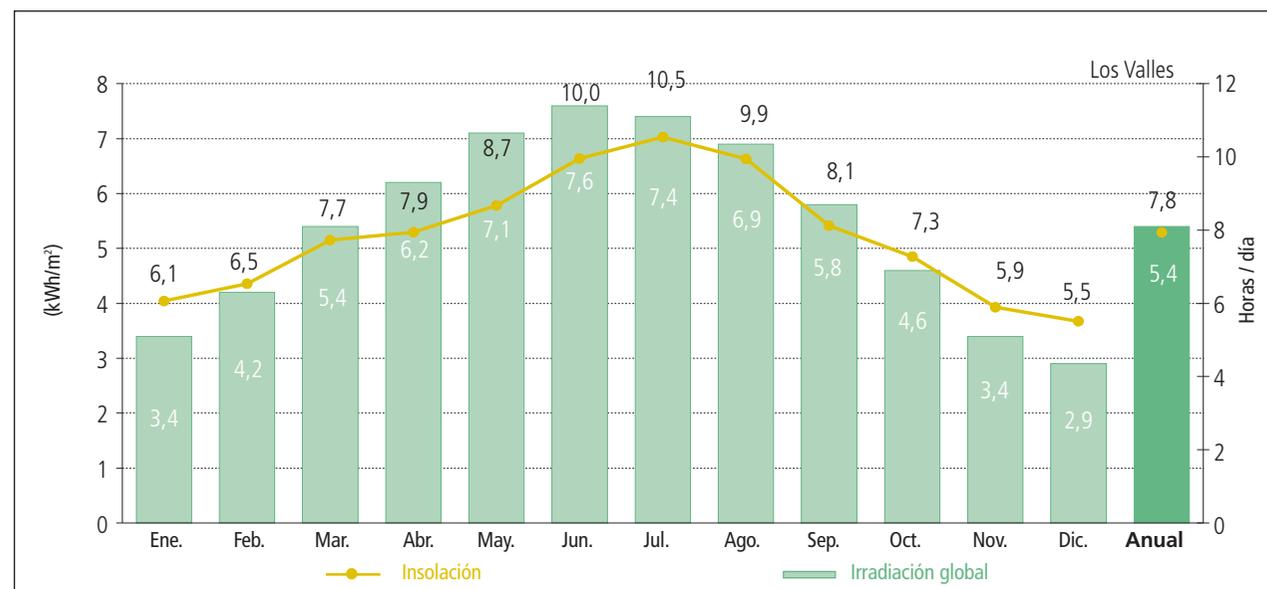


Figura 5.33. Media mensual de la irradiación e insolación diaria media en Los Valles (480 m altitud). Periodo 1998-2005. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

BLOQUE III

INFORMACIÓN BIOCLIMÁTICA SISTÉMICA

Juan Pedro de Nicolás Sevillano
(autor)

Emilio Nieto Rocha
Francisco Ferrer Ferrer
Pedro Gilberto Cabrera Oliva
Pedro Augusto Báez Díaz
Argelio García Rodríguez
Antonio de los Santos Gómez
(colaboradores)

6. VISIÓN SISTÉMICA DEL CLIMA Y DEL CONFORT TÉRMICO

J.P. de Nicolás Sevillano, E. Nieto Rocha

RESUMEN

Para el diseño de proyectos bioclimáticos medianamente complejos basta utilizar la “información climática ambientalista” y aplicar criterios de “diseño bioclimático estandarizados” derivados de los diagramas de Olgyay y Givoni, lo que permite reducir la dependencia de sistemas de refrigeración y de calefacción para garantizar el confort térmico de los edificios, reduciendo los problemas ambientales y económicos derivados de la crisis ambiental y energética.

Sin embargo, para el diseño de proyectos más complejos (fruto del tamaño del proyecto, del ambiente urbano denso y del cambio climático global) se necesita, por un lado, completar la información “climática ambientalista” con una “información climática sistémica” y, por otro, ampliar los criterios de “diseño bioclimático estandarizado” con criterios de “diseño bioclimático flexibles” derivados de aplicar una metodología más abierta. Esta metodología ha de permitir, por un lado, optimizar el diseño de los proyectos en función de algunos pocos factores significativos (habida cuenta de las limitaciones de la mente humana) y generar varias soluciones, entre las cuales se selecciona la que produzca menor impacto ambiental, social y económico y, por otro, mejorar la selección de los parámetros significativos y de los criterios de diseño.

En el presente capítulo se exponen las características de la visión sistémica sobre el clima que se deben tener en cuenta para abordar proyectos bioclimáticos complejos, además de los criterios metodológicos para lograr que la visión sistémica sea operativa y adaptativa; información que se desarrolla con más detalle en los capítulos siguientes.

RELACIÓN ENTRE COMPLEJIDAD DE LOS PROBLEMAS Y COMPRENSIÓN DE LAS SOLUCIONES

A lo largo de la historia humana se han venido incorporando adaptaciones culturales más o menos comprensivas que han contribuido a garantizar la subsistencia humana. Tales adaptaciones se caracterizan por integrar una visión sobre la realidad y una metodología acorde con la visión asumida que varían según la complejidad de los problemas.

En relación con la edificación, las primeras adaptaciones corresponden a “adaptaciones populares” (arquitectura popular) desarrollados por prueba y error a lo largo de los siglos, manifestando una clara adecuación o adaptación a las condiciones del clima. A ellos se unirían “adaptaciones cultas” relacionada con el levantamiento de edificios singulares por las élites que ostentaban el poder como las pirámides de Egipto, en los que se prestaba especial más atención a cuestiones relacionadas con la representación que a optimizar la eficiencia energética.

Posteriormente, durante la Antigüedad griega y romana se desarrollaron soluciones culturales formalizadas caracterizadas por partir de una visión fijista y naturalista de la realidad, según la cual la realidad se considera resultado de la suma de elementos estables que actúan de forma predefinida y que se pueden conocer de forma cierta combinando la metodología deductiva y la inductiva, cuya plasmación más conocida se encuentra en la obra “Los Siete libros de la Arquitectura” del arquitecto romano Vitruvio, en la que se considera la interacción entre clima y arquitectura.

Posteriormente, debido al aumento de la población durante el Renacimiento y el consiguiente conocimiento de la complejidad

de los problemas, adquiere valor adaptativo una visión sobre la realidad según la cual su dinámica estaba regida por leyes deterministas que se podían conocer de forma cierta a través de la experimentación y la inducción científica, lo que propició el desarrollo tecnológico mecánico y la utilización de energía fósil como el carbón y el petróleo. Esto posibilitó la revolución industrial de los siglos XVIII y XIX, durante la que el uso de máquinas propulsadas con energía fósil posibilitó la producción en serie de productos y servicios. Si bien esta visión resultó adaptativa a corto y a medio plazo, a largo plazo supuso el agotamiento de diversos recursos, el aumento de la contaminación ambiental, la reducción de la biodiversidad, la alteración de los mecanismos reguladores de la Noosfera y la generación de desajustes entre las características adaptativas (morfológicas, bioquímicas, etológicas y culturales) de los organismos y las condiciones del medio.

Como alternativa para superar esta situación, se vino a reconocer la necesidad de incorporar el desarrollo junto a los objetivos económicos y ambientales, y tomar al respecto una visión multidisciplinar de la realidad ambiental (climática, ecológica, social y cultural) y una metodología multidimensional reduccionista que ha permitido resolver problemas ambientales medianamente complejos, pero no los más complejos.

Además, más recientemente, al acumularse problemas ambientales globales muy complejos como el cambio climático, se ha venido a reconocer la necesidad de disponer de soluciones culturales más comprensivas para dar respuesta a estos problemas muy complejos representados por un nuevo paradigma que integra una visión sistémica sobre la realidad y una metodología científica integrada. La visión sistémica considera que la realidad

está integrada por elementos naturales y culturales que interactúan a varias escalas formando estructuras a varios niveles entre los cuales subsisten los que se encuentran en equilibrio con las condiciones del medio, lo cual implica que de esta dinámica depende la subsistencia de diferentes especies así como la subsistencia, el desarrollo económico y cultural y la calidad de vida de la población humana.

Los problemas se plantean cuando, fruto de la dinámica sucesional de la Noosfera, se producen cambios que dependen de factores extrínsecos (como la intensidad de la actividad solar) e intrínsecos al sistema (como el aumento de la población) que dan origen a que se produzcan desajustes en algunos elementos de la Noosfera que hacen peligrar su subsistencia, so pena de que la evolución biológica o la evolución cultural permita restablecer el equilibrio inicial o generar nuevos equilibrios. A este respecto, la evolución biológica permite restablecer el equilibrio en el caso de que los cambios ambientales sean lentos. Pero si los cambios ambientales son más rápidos, se necesita recurrir a la evolución cultural capaz de generar más rápidamente adaptaciones culturales, entre las cuales se incluyen visiones más comprensivas sobre el clima, sobre los sistemas de construcción de edificios y sobre la interacción entre ambas.

En el caso de proyectos constructivos medianamente complejos, el diseño de edificios se puede adecuar completándolo mediante la arquitectura popular, los criterios de Vitruvio y la arquitectura de acondicionamiento mecánico de los edificios, incorporando una "información bioclimática ambientalista" y "criterios de diseño bioclimático estandarizados" relativamente simples, deducidos a partir de la información que proporcionaba los diagramas de Olgay y de Givoni. Sin embargo, en el caso de problemas globales "muy complejos" se precisa aplicar una información climática más comprensiva representada por la "visión sistémica sobre el clima" y con una "metodología científica e integrada" que, en conjunto, configuran el "paradigma sistémico" que posibilita la resolución de los problemas globales muy complejos.

CARACTERÍSTICAS DEL PARADIGMA SISTÉMICO

Visión sistemática de la realidad

El paradigma sistémico integra una visión sistémica sobre la realidad y una metodología integrada.

La visión sistémica sobre la realidad se caracteriza por asumir que la realidad consta de entidades diferenciadas a varios niveles, que interactúan entre sí a varias escalas y cuyos elementos subsisten gracias a un continuo proceso de ajuste evolutivo a los cambios del medio. A este respecto, los cambios del medio son fruto de la interacción entre los factores externos y los factores ligados a la dinámica interna de la Noosfera: el ajuste de los diferentes componentes a las condiciones del medio es fruto de la evolución biológica generadora de biodiversidad a escala geológica y de la evolución cultural generadora de la diversidad cultural a escala histórica.

La visión sistémica ofrece una visión de realidades que se pueden ilustrar en relación con la Tierra, cuya concepción ha variado a lo largo de la historia en función de la perspectiva asumida sobre la realidad. Así, durante la Antigüedad y la Edad Media se utilizaba el término Cosmos para referirse a la Tierra, asumiendo al respecto una visión fijista que consideraba que su dinámica responde a un orden eterno inmutable. Más tarde, con el desarrollo de la ciencia analítica, se vino a asumir una visión dinámica y determinista sobre el Planeta según la cual "el todo era igual a la suma de las partes". Por otro lado, a lo largo del siglo XX se abrió paso una visión sistémica de la Tierra asociada al desarrollo de la ciencia ecológica generalizándose el uso del término Biosfera para referirse a ella sin incorporar los elementos culturales, lo que llevaría a definir el concepto de Noosfera que ofrece una visión sistémica como la Biosfera, pero que incorpora también los elementos culturales, así como la interacción entre los elementos naturales y culturales.

La visión que subyace al concepto de Noosfera exige considerar información a varias escalas y tener en cuenta que el Planeta ha dejado de ser un área poco poblada e inexplorada, cuya dinámica está controlada fundamentalmente por los ciclos naturales y en la cual el hombre tiene una baja incidencia, sino

que se precisa asumir que vivimos en un planeta densamente poblado, en el cual la incidencia de la población humana exige un fuerte impacto que hace que podamos calificar a la Noosfera de "pequeña y frágil", requiriéndose para garantizar la subsistencia humana, desarrollar adaptaciones culturales sucesivamente más comprensivas fruto de la evolución cultural asociadas a los procesos de I+D+i que permiten abordar problemas sucesivamente más complejos como desarrollar tecnologías adaptativas que permitan utilizar tasas menores de energías fósiles. Para esto no basta limitarse a realizar ajustes técnicos, sino que se precisa asumir una visión sistémica y una metodología integrada acorde con la visión sistémica que, en conjunto, definen un "paradigma sistémico" según la terminología de Kuhn.

Metodología integrada

Tal como se especifica en el apartado anterior, para completar el paradigma sistémico se necesita incorporar a la visión multidisciplinar sistémica (más comprensiva que la visión ambientalista) una metodología integrada (más comprensiva que la metodología científica multidisciplinar reduccionista de las ciencias ambientales) que resulte adaptativa en el caso de problemas muy complejos, los cuales dependen de múltiples factores significativos que pueden variar mucho cuando se alteran los mecanismos de regulación, a diferencia de otros problemas ambientales medianamente complejos que dependen de pocas variables lineales y cuyo efecto es aditivo.

Los cambios epistemológicos aludidos se han venido modelando en círculos intelectuales a lo largo del siglo XX ante las dudas que fueron surgiendo sobre la capacidad de la inducción científica para proporcionar un conocimiento cierto, y sobre si el progreso del conocimiento era continuo o discontinuo, lo que permitió acumular evidencias de la necesidad de un nuevo paradigma. Esto tuvo escasa trascendencia en el ámbito socioeconómico cotidiano, que continuó aplicando el mismo paradigma con ligeros ajustes, debido a la dificultad para modificar principios que se consideraban ciertos y que proporcionaban importantes logros tecnológicos y económicos a corto y medio plazo. Sin embargo, en el siglo XXI se ha visto que el nuevo paradigma sis-

témico resulta clave para abordar problemas globales muy complejos.

Entre los cambios aludidos, durante la primera década del siglo XX se vino a tomar conciencia de las limitaciones de la inducción científica, formulando Popper una visión falsacionista de la ciencia, según la cual ésta no proporcionaba un conocimiento cierto, pero sí un conocimiento conjetural real que progresaba continuamente. Esta visión sería revisada por su discípulo Lakatos, quien calificaba a la visión del maestro de "falsacionismo ingenuo" ofreciendo como alternativa una visión sobre la ciencia que giraba en torno a "programas de trabajo" en los que diferenciaba un "medio duro de principios", que permanecían fijos, y una "periferia de principios", que eran modificables.

Por otro lado, Kuhn, un historiador de la ciencia, vino a exponer que la historia de la ciencia evidenciaba que el progreso científico no era continuo, sino que combinaba cambios continuos con cambios revolucionarios a los que se calificaba de "cambios de paradigma" que implicaban sustituir los principios asumidos como ciertos por otro sistema de principios que no eran demostrables (mensurables) en función de los principios asumidos previamente. Esto implicaba renunciar a la fe en la racionalidad absoluta del conocimiento, planteamiento que resultaba difícil de aceptar a varios autores y que llevaría a varios de ellos, como Laudan, a formular como alternativas una visión evolutiva sobre el conocimiento que permita ciertas analogías con la evolución biológica puntuacionista, que ofrece una visión de la ciencia menos determinista, más abierta que la ciencia experimental analítica, y que resulta coherente con la visión multidisciplinar sistémica sobre la realidad y posibilita analizar, interpretar y gestionar problemas ambientales complejos.

Cómo simplificar la visión sistémica para que resulte adaptativa

La visión sistémica resulta comprensiva gracias a integrar diferentes aspectos de la realidad, pero debido a ello resulta difícil de articular una metodología integrada, por lo que para que el paradigma sistémico resulte adaptativo se precisa simplificar la metodología integrada sin perder el carácter sistémico de manera que pueda ser aplicada pese a la reducida capacidad

humana. Esto exige que no sólo la visión sea comprensiva, sino que la metodología integrada sea operativa, lo cual requiere que sea relativamente simple, rentable (que los beneficios no superen a los costes) y competitiva en relación con otras soluciones operativas y rentables (figura 6.1).

Para simplificar la visión sistémica y que resulte operativa a la hora de resolver en la práctica problemas muy complejos, se precisa: 1. aplicar una metodología con diferentes fases representadas esquemáticamente en la figura 6.2 en la que se combinan criterios psicológicos relacionados con la proximidad de

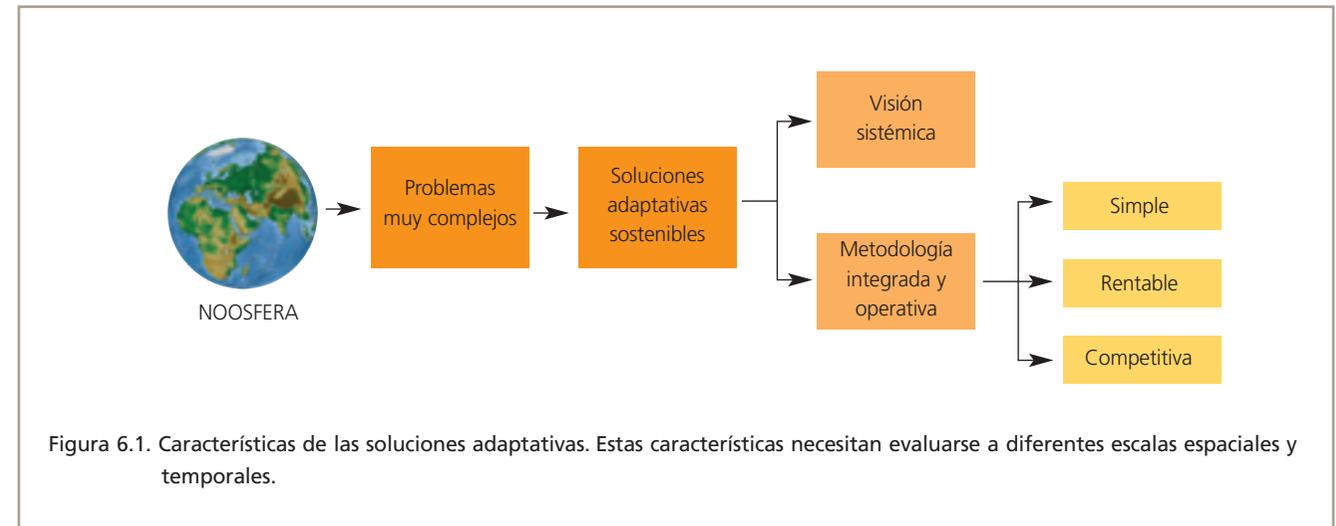


Figura 6.1. Características de las soluciones adaptativas. Estas características necesitan evaluarse a diferentes escalas espaciales y temporales.

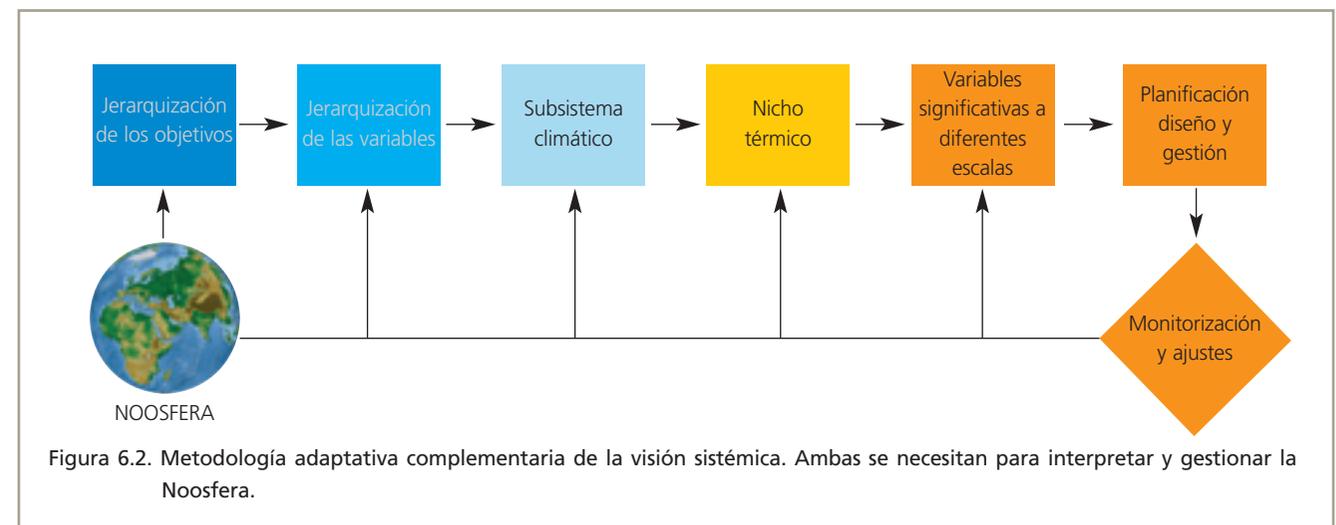


Figura 6.2. Metodología adaptativa complementaria de la visión sistémica. Ambas se necesitan para interpretar y gestionar la Noosfera.

cada variable a la percepción humana, 2. jerarquizar los problemas y los objetivos en función de su proximidad con la subsistencia y la calidad de vida humana, 3. reducir los parámetros que configuran el hiperespacio asociado a la visión multidimensional de la Noosfera definiendo subhiperespacios ligados a objetivos concretos relacionados con la subsistencia, 4. diferenciar dentro de cada subhiperespacio nichos ligados a objetivos más concretos como el confort térmico y 5. simplificar la descripción de los nichos diferenciando subnichos, subnichos sectoriales y seleccionando en cada caso las variables más significativas a diferentes escalas para reducir la información a considerar en la planificación, la gestión y el diseño de soluciones adaptativas.

Las diferentes fases metodológicas se concentran en lo siguiente:

- **Jerarquización de los problemas y de los objetivos en función de su relación con la subsistencia y la calidad de vida.** En primer lugar estos objetivos se consideran a corto plazo y en el ámbito local; después, a medio plazo y en el ámbito regional, y finalmente a largo plazo y en el ámbito global.
- **Jerarquizar las variables en función de su proximidad de la percepción.** La solución de los problemas presentan un componente psicológico relacionado con la percepción de la información, diferenciándose las “variables generales”, que se perciben directamente a través de los sentidos o utilizando instrumentos de medida sin excesivo grado de abstracción, las “variables aplicadas”, que se definen en función de las variables generales, y las “variables básicas” que asumen un elevado grado de abstracción y que se asocian a un determinado paradigma.
- **Seleccionar la estrategia a seguir en función de la disponibilidad y de los efectos secundarios de “factores clave” como la energía.** La variación del medio afecta a múltiples factores significativos sobre los cuales existen “factores clave” caracterizados por condicionar a otros factores, por lo que resultan especialmente determinantes a la hora de seleccionar la estrategia de actuación adaptativa. A este respecto, la energía representa un factor clave para garantizar

la subsistencia, si bien habría que precisar el tipo de energía utilizada, su abundancia, la intensidad de su uso y sus efectos secundarios. Todo esto condiciona la selección de una estrategia de actuación general que permita optimizar el balance entre los efectos positivos o negativos asociados a las actuaciones concretas.

- **Delimitar subhiperespacios ligados a tipos de problemas y objetivos relacionados con la subsistencia.** Para simplificar el uso de la información sistémica es conveniente simplificar el hiperespacio de la Noosfera diferenciando subhiperespacios definidos en función de variables significativas relacionadas con ciertos tipos de problema, como un hiperespacio climático para adecuar los proyectos constructivos a las condiciones del medio para aprovechar las condiciones del clima garantizando el confort térmico con eficiencia energética y reduciendo el consumo de energía fósil.
- **Definir los nichos asociados a especies y a objetivos concretos.** Dentro del hiperespacio climático es posible definir nichos asociados a objetivos más concretos, como el confort térmico en la edificación, que permita simplificar lo necesario para reducir la contaminación y otros efectos negativos asociados al consumo del petróleo a base de determinar para el conjunto de condiciones climáticas los intervalos en los que se garantiza la subsistencia y la calidad de vida. Esto implicaría delimitar las condiciones culturales en las que es posible mantener la temperatura interna dentro del intervalo de subsistencia pese a la variación del clima gracias a la intervención de adaptaciones biológicas, psicológicas y culturales como la vestimenta y la edificación.
- **Adecuar la comprensión de la visión sobre la realidad y de la metodología aplicada al nivel de complejidad de los problemas.** En el caso de los problemas simples, que dependen de pocas variables, de carácter local y que actúan inmediatamente, basta con aplicar visiones y metodologías poco comprensivas, mientras que en el caso de problemas complejos, que dependen de múltiples variables que actúan a diferentes escalas, es preciso asumir visiones y metodologías más comprensivas.

- **Seleccionar las variables más significativas a diferentes escalas.** Para simplificar la información relativa del nicho climático o confort térmico se recurre a seleccionar las variables y los factores más significativos que lo diferencian a diferentes escalas generales (macro, meso y micro), aunque lo mejor sería adecuar estas escalas a las condiciones específicas de cada región.
- **Monitorizar los resultados para mejorar el diseño y la selección de la información significativa.** Pese a las sucesivas simplificaciones a la hora de definir el diseño de cada proyecto, resulta imposible optimizar el resultado para todos los factores significativos, debiendo limitarse a considerar en el diseño un conjunto reducido de parámetros significativos, si bien para abrir la posibilidad de tener en cuenta otros factores se recurre a generar varios diseños bioclimáticos entre los cuales se selecciona el que genera menos efectos ambientales negativos. Además, esta información permite redefinir los criterios de selección de los parámetros climáticos significativos y los criterios de diseño bioclimático.

CÓMO JERARQUIZAR LOS PROBLEMAS, LAS VARIABLES Y LA ESTRATEGIA A SEGUIR

Jerarquizar los problemas en torno a la subsistencia

El principal objetivo es garantizar la subsistencia y la calidad de vida humana primero a corto plazo y después a medio y largo plazo, jerarquizándose a estos los demás objetivos pudiendo, para simplificar la situación, jerarquizar los objetivos desde los más próximos y directamente relacionados con la subsistencia y la calidad de vida a los más distantes.

En primer lugar, se debe considerar los problemas relacionados directamente con la subsistencia a corto plazo, seguidos por los problemas que afectan a la subsistencia a medio plazo, y finalmente problemas relacionados indirectamente con la subsistencia y la calidad de vida a largo plazo.

Más en concreto, los objetivos se pueden jerarquizar, en función de la escala espacial, en objetivos locales, regionales y glo-

bales. De forma equivalente, en función de la escala temporal, se diferencian problemas y objetivos inmediatos a corto, objetivos a medio plazo y objetivos a largo plazo, cabiendo diferenciar entre ellos una multitud de situaciones intermedias.

Jerarquización de las variables en función de su proximidad a la percepción y a las motivaciones humanas

Para simplificar la descripción de la Noosfera, además de jerarquizar las variables hay que tener en cuenta la proximidad de las variables a la percepción y a la motivación humana (fenosistema), diferenciándose en función de ello tres categorías de información: la información básica, la información general y la información aplicada (figura 6.3).

En relación con las clases aludidas subyacen, en cierta medida, componentes psicológicos, ya que influyen significativamente a la hora de establecer los tres tipos de categorías diferenciadas.

La "información climática general" se refiere a una serie de características o elementos del clima percibidas directamente por los sentidos o que se pueden medir mediante instrumentos meteorológicos simples, como la temperatura, la precipitación, la humedad etc. Esta información, que describe la variación local del clima a corto plazo, se relaciona con información relacionada con el confort térmico, la distribución de los organismos, las actividades agrarias, la tipificación de los biomas y la interpretación del paisaje (fenosistema), para lo cual se recurre a clasificar el clima y a elaborar índices de tipo práctico. Por otro lado, la información general se utiliza para interpretar en función de los factores que configuran la información básica.

La "información climática aplicada" se refiere a información climática directamente relacionada con diferentes objetivos aplicados relacionados con la subsistencia y la calidad de vida como el confort térmico, la producción agrícola, etc. Para su elaboración se parte de la información general, se definen índices (evapotranspiración, confort, aridez), se crean climodiagramas (como los de Walter, Olgay y Givoni) y se definen clasificaciones climáticas como la de Köppen.

La "información climática básica" está integrada por parámetros relativamente abstractos que no son percibidos directa-

mente, sino que son resultado de interpretaciones abstractas distantes de la percepción sensible (criptosistema), pero que resultan adaptativos a diferentes escalas como la constante solar, los flujos de radiación, y los balances de energía y de calor a diferentes escalas que permiten explicar el desigual calentamiento de la superficie terrestre, la formación y la distribución espacial y temporal de los centros de acción (anticiclones y borrascas) y, concretamente, dar razón de las características generales del clima.

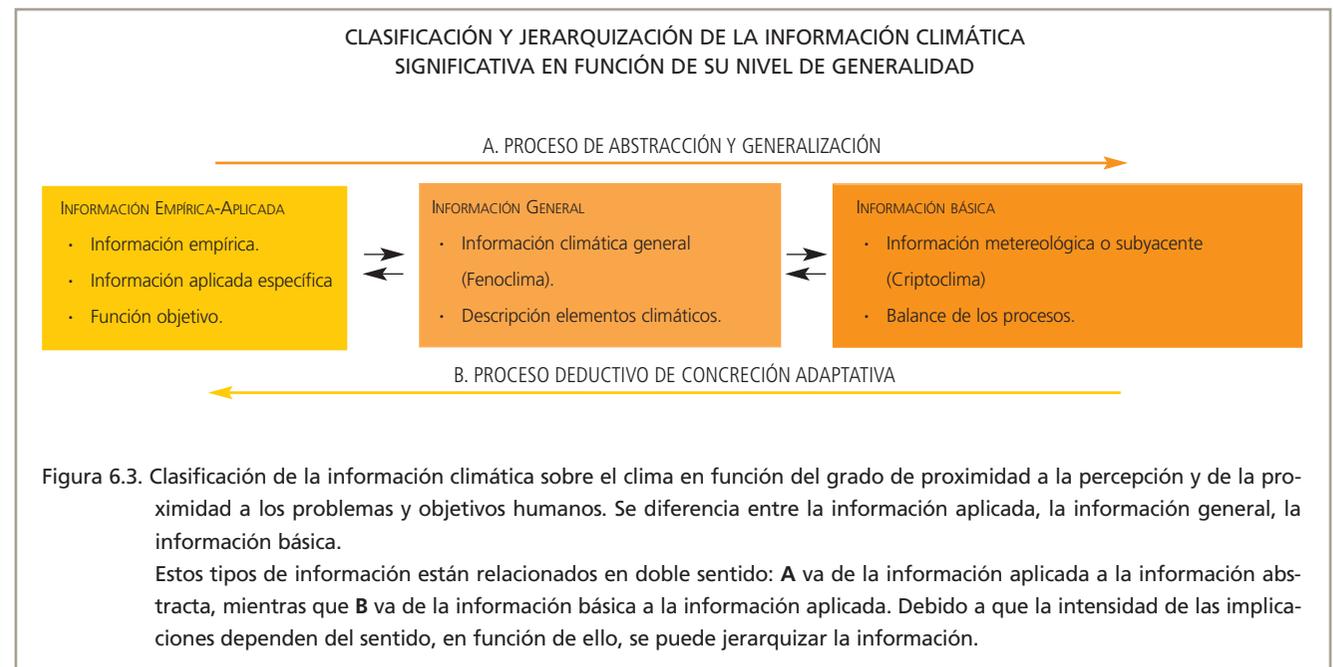
Las tres categorías de variables referidas estas relaciones recíprocas, representadas en la figura 6.3, están relacionadas mediante flechas de diferente tamaño y sentido que se utilizan para representar relaciones significativas. A este respecto, los sentidos de las relaciones representadas respectivamente por flechas, siguen el sentido marcado por las flechas A y B. La flecha A recoge la información que va de los datos y de la información aplicada a la información general y de ésta a la información básica.

ca, la cual se considera resultado de aplicar una metodológica inductivista que se utiliza en la investigación para realizar interpretaciones y predicciones. Por otro lado, la flecha B recoge la información que va desde la información básica a la información general, y de ésta a la información aplicada relacionada con el confort térmico, que define una secuencia deductiva que se utiliza en la toma de decisiones relacionadas con la planificación, el diseño y la gestión.

Debido a que la magnitud de las flechas que actúan en ambos sentidos no son iguales, es posible utilizar la diferenciación de magnitud para jerarquizar las variables asociadas a un determinado tipo de problema.

Estrategias de actuación

La resolución de los problemas exige seleccionar ciertas combinaciones de variables que resultan especialmente significativas por su influencia directa o indirecta sobre las características del



nicho climático y sobre las adaptaciones biológicas y culturales de las poblaciones humanas.

De entre las diferentes variables y factores significativos posibles, algunos desempeñan un papel clave que hace que estos factores tengan especial incidencia en la selección del tipo de actuación, utilizándose para seleccionar determinadas actuaciones que calificamos de "estrategias adaptativas" a la variación del medio y que simplifica la toma de decisiones.

Entre los factores clave se encuentran la energía metabólica, la temperatura, la precipitación, la energía extrametabólica y la información, de entre los cuales prestaremos especial atención a la energía fósil y a sus efectos ambientales secundarios, determinándose en función de ella la estrategia general a seguir en cada caso. Así, cuando la energía fósil (petróleo, carbón, gas) no es limitante (como ha venido sucediendo durante las primeras fases de la revolución industrial), y además no se generan efectos ambientales negativos locales o globales, la estrategia de actuación debe orientarse a maximizar como ventaja adaptativa la potencia que confiere la energía. Esta acción presenta cierta analogía con la estrategias "r" de los organismos que viven en condiciones cambiantes y energía abundante, estrategia que ha venido asumiendo el modelo de desarrollo convencional, que aprovecha las ventajas de la energía sin tener en cuenta la disponibilidad de la misma y sus efectos secundarios.

Sin embargo, cuando la energía es limitada y genera efectos ambientales negativos se precisa modificar la estrategia adaptativa, que debe orientarse a maximizar la eficiencia energética, como hacen los organismos que viven en ambientes estables con energía abundante, que siguen una estrategia "k". Esta estrategia debería seguirse en la actualidad en relación con el uso de energía fósil debido a que es limitante y a que genera efectos ambientales negativos.

DIFERENCIACIÓN DE SUBHIPERESPACIOS Y NICHOS EN LA NOOSFERA

Noosfera, hiperespacio y sub-hiperespacios

La idea de Noosfera representa un concepto que resulta de considerar la Tierra desde una perspectiva sistémica. Esta percep-

ción implica que, en lugar de considerar que su dinámica está regida por leyes deterministas dependiente de unos pocos factores y traducida en una visión reduccionista según la cual la Tierra es resultado de la suma de una serie de componentes disjuntos (la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera y la geosfera) de modo que "el todo es igual a la suma de las partes", se considera que la dinámica terrestre es el resultado de la interacción de múltiples elementos naturales (físico-químicos, biológicos y culturales), una visión sistémica que presta especial atención a múltiples relaciones recíprocas entre variables entre las cuales se producen relaciones lineales, relaciones aditivas, sinergias positivas y sinergias negativas a diferentes escalas que dan lugar a la aceleración de ciertos cambios en la Noosfera que facilitan el ajuste de sus componentes a las condiciones del medio a través de la evolución biológica y cultural.

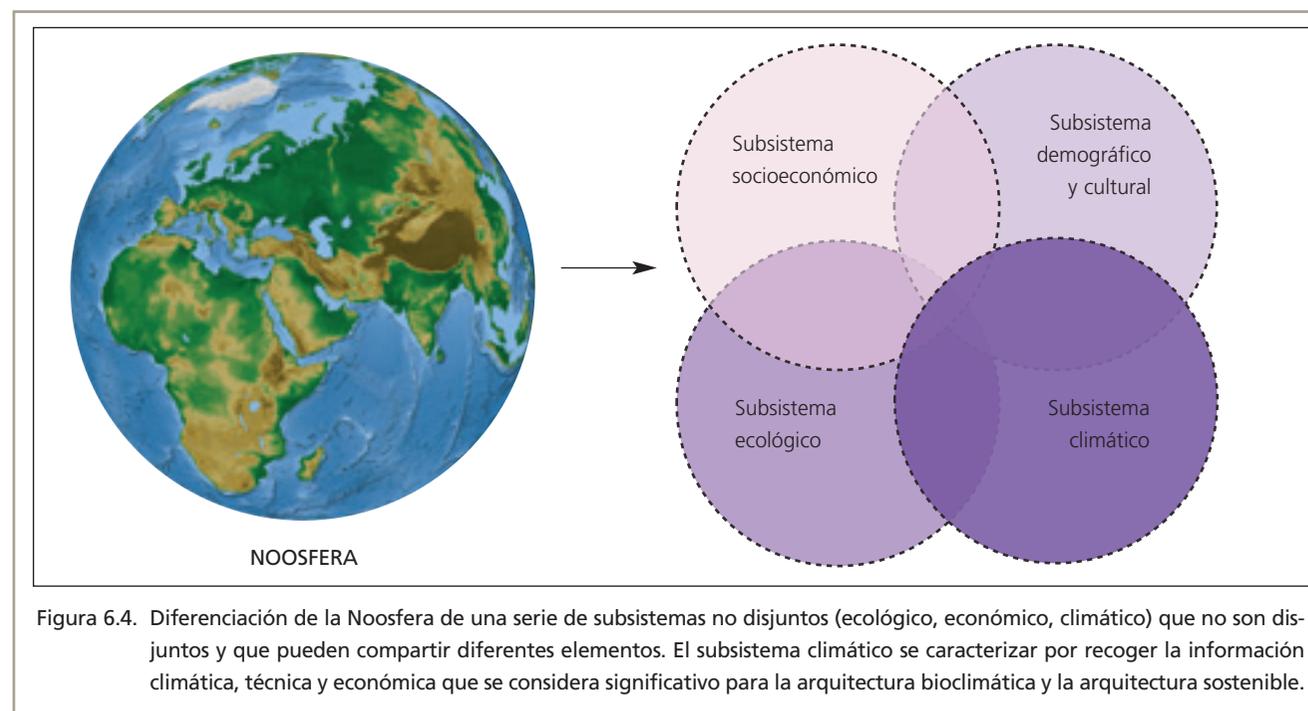
El problema surge en aquellos casos en los que se ha degradado los mecanismos de regulación, manifestándose un cambio

irregular y rápido que hace que el ajuste de la población al medio sea más complejo. En este caso, para su gestión se necesita asumir un enfoque sistémico capaz de generar soluciones adaptativas simples que resulten operativas, fruto de aplicar una metodología integrada.

Para simplificar la visión sistémica sobre la Noosfera sin perder la perspectiva sistémica se recurre a diferenciar una serie de subhiperespacios ligados a los factores más significativos para diferentes objetivos o problemas, que no constituyen conjuntos disjuntos, sino que comparten elementos. En la figura 6.4 se aprecian diferentes subsistemas disjuntos diferenciados en la Noosfera que permiten simplificar la información sistémica, simplificación que se puede completar diferenciando además nichos y subnichos.

Nichos completos, nichos parciales y nichos sectoriales

Para simplificar la visión de la Noosfera, además de diferenciar el subhiperespacio climático que considera a los elementos



climáticos bióticos y culturales relacionados con el confort térmico, se diferencian nichos ambientales definidos en función de la combinación de categorías de diferentes variables, en las que es posibles que subsistan determinadas estructuras (especies, ecosistemas biomas, ecotipos) o alcanzar ciertos objetivos representados bajo determinadas condiciones ambientales globales, regionales y locales en las que compiten con otros organismos y proyectos según el caso.

El nicho se asocia conceptualmente a un conjunto de categorías relativas a múltiples variables o factores climáticos (temperatura, precipitación), tróficos (nutrientes, energía), bióticos (competencia, mutualismo, simbiosis) y culturales (visión sobre la realidad, tecnología, instituciones, organizaciones y condiciones socioeconómicas) que configuran "nichos multidimensionales", fruto de la evolución cultural, y que representan condiciones que garantizan la subsistencia.

Sin embargo, debido a los múltiples factores intervinientes, su aplicación práctica (descripción, interpretación y gestión) resulta compleja, siendo preciso simplificar la descripción centrándose en sus características más significativas y definiendo componentes de variación ortogonales que permiten sintetizar la variación en función de unos pocos componentes de variación y representar esquemáticamente los nichos multidimensionales en un espacio tridimensional asociando cada eje a un componente principal de la variación. En la figura 6.5 se ha representado de forma más simple y esquemática el "confort térmico humano" en función de tres componentes principales de variación climática que engloba a diferentes factores condicionantes del confort térmico a diferentes escalas.

Para simplificar aún más la información sobre el nicho, se puede recurrir a diferenciar "subnichos sectoriales", ligados a determinados tipos de variables, de manera que se diferencian subnichos fisiológicos asociados a los parámetros físico-químicos; subnichos ecológicos en función de la información ecológica, y el subnicho cultural, que incorpora la información cultural. El "subnicho fisiológico" viene definido por el conjunto de condiciones físico-químicas significativas en condiciones de laboratorio; el "subnicho ecológico" se asocia a las interacciones bióticas positivas (simbiosis, mutualismo) o negativas (competencia)

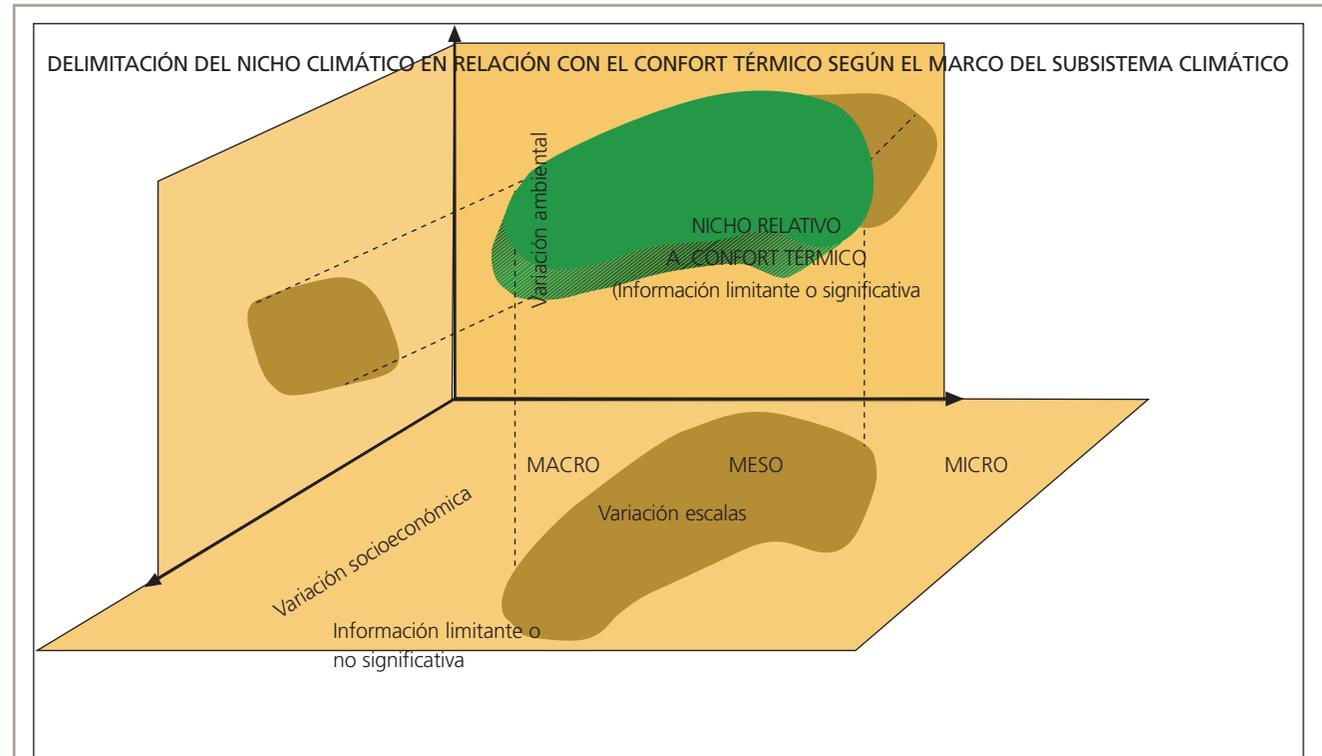


Figura 6.5. Nicho climático relacionado con el confort térmico. El nicho representa áreas de subsistencia, con varios horizontes temporales que dependen de la interacción de múltiples variables, y que, a diferentes escalas, configuran combinaciones a la subsistencia.

entre los individuos de la misma o distintas especies que conviven en condiciones naturales, y por último, el subnicho cultural se asocia a los elementos culturales que influyan significativamente sobre la subsistencia y el bienestar humano. La suma de ellos y de las interacciones configuran el nicho general o total.

Por otro lado, se puede aumentar la simplificación definiendo el nicho solamente en función de la temperatura, la humedad, la radiación y el viento utilizando al respecto los diagramas bioclimáticos de Olgyay y Givoni, que suministran información sobre las características bioclimáticas significativas que hay que tener en cuenta en el diseño de proyectos medianamente complejos

para garantizar el confort térmico y la eficiencia energética adecuada cuando el diseño a las condiciones del clima. Incluso, en las situaciones más simples es posible aumentar la simplificación caracterizando el confort térmico en función de la temperatura y de la precipitación utilizando al respecto los diagrama de Walter o la clasificación climática de Köppen.

En cualquier caso, el nicho no representa una realidad fija y preexistente, sino que es el resultado de la interacción y ajuste entre la dinámica del medio y las estructuras de la Noosfera, fruto de la sucesión ecológica y de la evolución biológica y cultural como sucede con la vestimenta y la edificación.

Relación entre los subnichos sectoriales y biodiversidad

Las interacciones entre los diferentes “subnichos sectoriales” condicionan la amplitud del nicho, esto es, la amplitud del intervalo para cada uno de los factores significativos en los que se garantiza la subsistencia. La densidad de amplitud de nicho condiciona la biodiversidad o número de especies que subsisten en un área, que depende también de la producción de ese área, y que es función de la temperatura, de la precipitación y de las condiciones tróficas del medio.

En la figura 6.6 se representa la amplitud de diferentes “nichos sectoriales” (fisiológicos, ecológicos y culturales) en la que se diferencian zonas óptimas, zonas de estrés y las zonas de intolerancia. En general, el subnicho fisiológico es más amplio que el subnicho ecológico debido a que, en general, la interacción con otros organismos genera efectos competitivos reductores de la amplitud del nicho fisiológico, aunque también podría suceder a la inversa si la sinergia entre los organismos pesa más que la competición entre ellos. El nicho sectorial cultural se caracteriza por presentar una amplitud mayor que el nicho ecológico debido a que, en general, los elementos culturales generan sinergias a corto plazo, aunque a largo plazo el efecto puede ser negativo (el modelo de desarrollo no ambiental imperante durante los años 60 si bien genera sinergias a corto y medio plazo, produce efectos negativos). En la figura 6.7 se aprecia cómo, en los climas tropicales, con elevada temperatura y precipitación, la biodiversidad es mayor que en otras condiciones debido a que la competencia ecológica es intensa y los nichos muy estrechos o especializados.

Esto explica que el crecimiento de la población y el grado de desarrollo humano sea difícil, dada la intensa competencia biológica. Por otro lado, en los climas fríos la biodiversidad y el desarrollo humano son bajos aunque por causa diferente, ya que aquí el factor limitante es la baja producción de estos ambientes. Sin embargo, en las condiciones intermedias de los climas templados la biodiversidad biológica es intermedia y el desarrollo humano alcanza elevados costes, consecuencia de que los ecosistemas permiten su explotación de forma sostenible sin degradarse a medio plazo, aunque si se intensifica la explotación y se

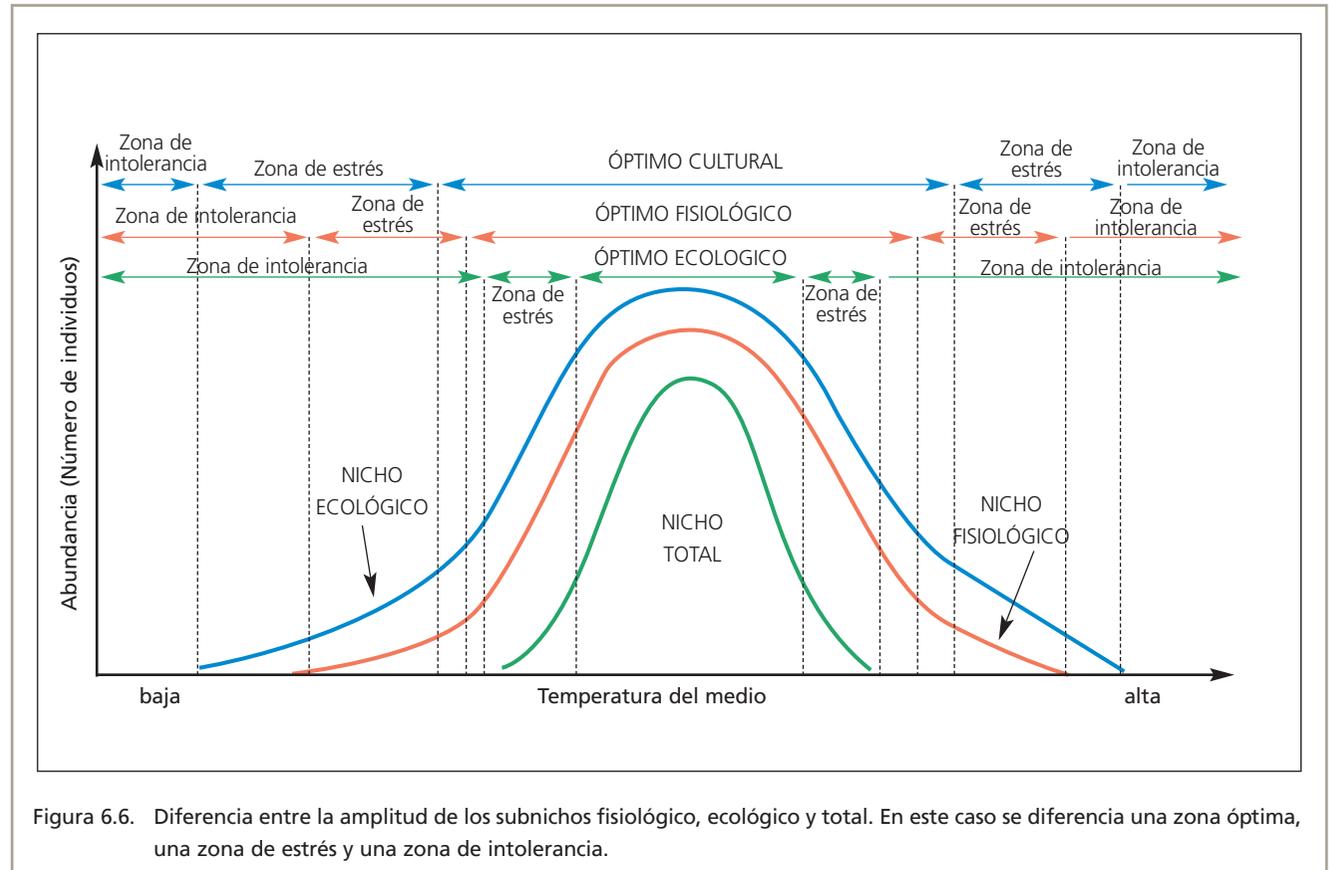


Figura 6.6. Diferencia entre la amplitud de los subnichos fisiológico, ecológico y total. En este caso se diferencia una zona óptima, una zona de estrés y una zona de intolerancia.

alteran los mecanismos ecológicos de regulación, se puede reducir la capacidad productiva.

Edificación y confort térmico

La temperatura media de la Noosfera es de 15 °C, pero varía en función de la latitud, de la altitud, del tipo de medio, de la profundidad y de otros factores. Esta temperatura motiva que se genere una gran variedad de nichos térmicos que posibilitan la diversificación de los organismos y que, en el caso del hombre para mantener una temperatura interna de 37 °C en diferentes hábitats precisa de la interacción de una variada combinación de adaptaciones bioquímicas, fisiológicas y culturales.

Entre las adaptaciones culturales tenemos la vestimenta, la edificación y las diferentes tecnologías que contribuyen directa o indirectamente a mantener estable la temperatura interna del cuerpo en un amplio rango de variación de la temperatura externa, gracias a lo cual la población humana se extiende actualmente por toda la Tierra fruto de la evolución biológica y cultural.

La adaptación humana en relación con la variación de factores que condicionan la temperatura interna y el confort térmico es fruto de la evolución humana, pudiendo estar relacionada con la forma de desplazarse bípeda de los homínidos, resultado del balance entre los efectos positivos (velocidad de desplazamiento, visión más amplia, uso de herramientas con la mano, mejor

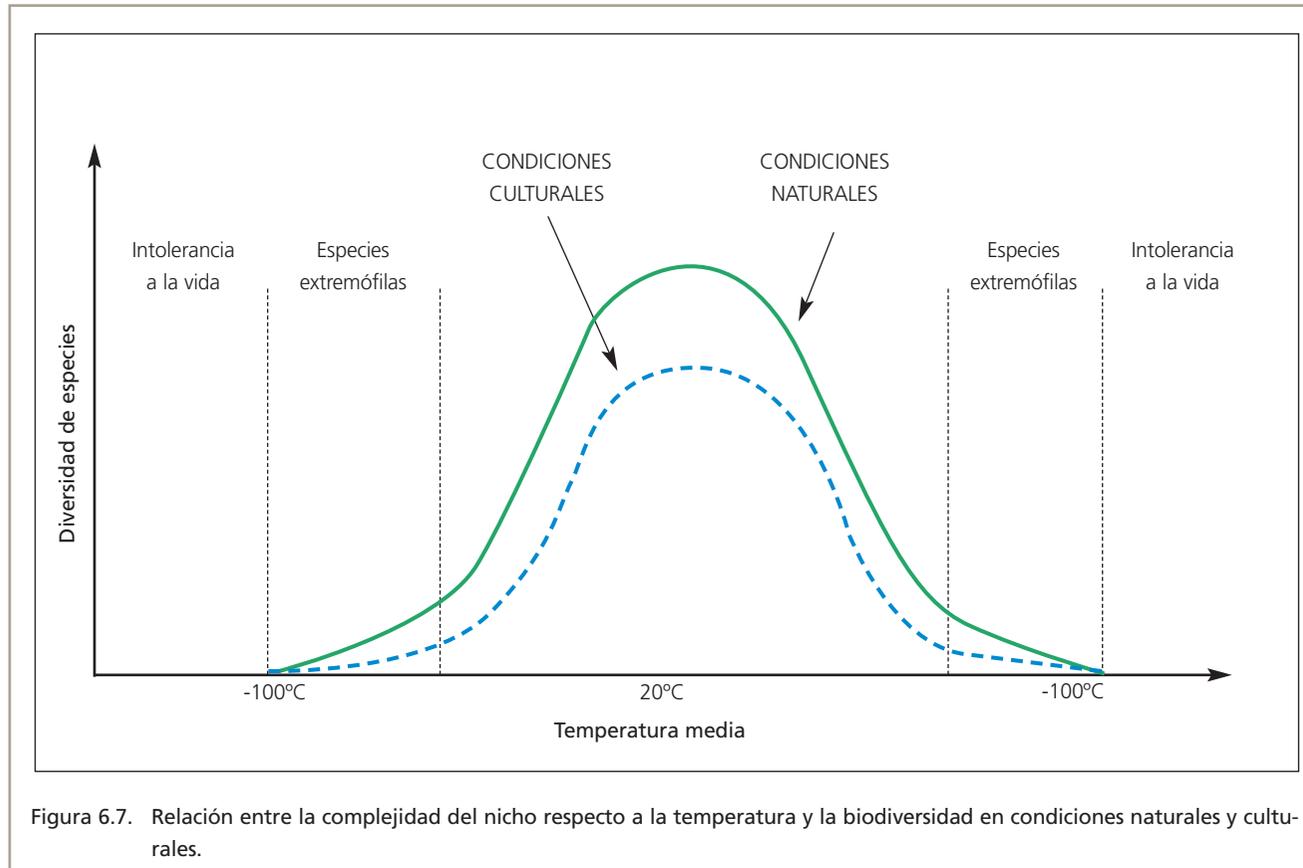


Figura 6.7. Relación entre la complejidad del nicho respecto a la temperatura y la biodiversidad en condiciones naturales y culturales.

regulación de la temperatura) y los efectos negativos (dificultades en el parto) del bipedismo en el marco que se produjo en África no occidental hace seis millones de años como consecuencia de la elevación del Himalaya y de sus efectos sobre la disminución de la precipitación y el aumento de las temperaturas y de la radiación, a la vez que el aumento de las formaciones negativas abiertas con material y la reducción de las formaciones boscosas.

Por otro lado, el actual nicho térmico humano (confort térmico) está condicionado por la incorporación de elementos culturales como la vestimenta, las edificaciones y diversas alteraciones del medio, producidas directa o indirectamente, que han contri-

buido a modificar el balance de radiación y el balance de calor de grandes áreas. Más en concreto, el confort térmico de los individuos se ve condicionado por diferentes adaptaciones culturales fruto de la evolución cultural constructiva y relativa a la información climática y los sistemas constructivos. En general, la arquitectura popular presenta normalmente importantes adaptaciones bioclimáticas que son fruto de tenerse en cuenta la información sobre la variación del clima. Posteriormente, durante la Antigüedad Clásica, se añadiría a esta información la información climática ligada a la visión naturalista del clima y los criterios de Vitruvio. No obstante, a partir del siglo XVIII y como fruto del desarrollo de la ciencia de la tecnología, se han venido incor-

porando cada vez más dispositivos que permiten garantizar el confort térmico con un alto consumo de energía fósil, lo que ha provocado diferentes efectos secundarios de carácter ambiental debido al incremento del consumo de energía fósil, de forma que a medio y largo plazo es posible mejorar la eficiencia energética en la edificación mejorando la eficiencia de los diferentes aparatos y aprovechando las condiciones naturales del clima y energías renovables, asumiendo al respecto una visión sistémica sobre el clima que considera la información más significativa a diferentes escalas para simplificar la visión sistémica y que resulte operativa.

CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS EN FUNCIÓN DE SU COMPLEJIDAD

Niveles de complejidad de los problemas

La idea de complejidad puede considerarse en términos absolutos y términos relativos. En términos absolutos podemos definirlos en función de la probabilidad de que se produzcan determinadas combinaciones, mientras que en términos relativos tiene que ver con la dificultad de la mente humana para interpretar y gestionar los problemas, en cuyo caso se depende de la complejidad de los problemas, en función del número de factores intervinientes, de su forma de interactuar (lineal o no lineal), de la forma en que los factores condicionan el resultado final (aditiva en los casos más simples y no aditivo en las situaciones más complejas) así como de la mayor o menor capacidad de la mente humana.

En función de la complejidad se puede diferenciar entre problemas simples, medianamente complejos, complejos y muy complejos. Los problemas simples dependen de pocas variables, locales, próximas a la percepción humana, los problemas medianamente complejos precisan considerar variables abstractas que varían a escala local y regional, los problemas complejos se dan en el caso de situaciones ambientales que dependen de una información multidisciplinar que actúa de forma reduccionista o aditiva y los problemas muy complejos se producen cuando intervienen múltiples factores que actúan a escala global e interactúan de forma sistémica.

Aumento de la complejidad a lo largo del tiempo

La historia humana evidencia que la variación de las condiciones del medio (cosmológicas y dinámica ecológica) y el tamaño de la población han aumentado a lo largo del tiempo, motivando el aumento de la complejidad de los problemas.

En la Antigüedad, la Tierra se concebía como una realidad estática de origen eterno cuya naturaleza estaba fijada y no estaba influida por la población humana ni por los organismos, asumiéndose que respondía a un orden preestablecido como refleja el término de Cosmos.

Sin embargo, la historia geológica y humana evidencia la aparición de estructuras con mayor complejidad en términos absolutos. Esta complejidad aumentó globalmente a lo largo del tiempo, a lo que se une recientemente la alteración de diversos mecanismos reguladores debido a la alteración del medio por el hombre, lo que contribuye a aumentar esa complejidad en términos de la percepción humana a la vez que se desarrollan adaptaciones culturales que permiten mejorar la situación y que aumente la población que, a su vez, es causa de nuevas alteraciones y de nuevos problemas, motivando que se hayan sucedido ciclos en los que al aumento de la complejidad (que calificamos de crisis) se suceden mejoras de la comprensión que permiten superar los periodos de crisis posibilitando que la población haya aumentado, aunque con alguna oscilación.

Durante las primeras fases de la evolución humana los problemas eran simples y tenían que ver con la obtención de alimentos, bastando para garantizar la subsistencia inmediata adoptar medidas inmediatas relacionadas con la recolección y la caza. Posteriormente, hace unos 10.000 años, el desarrollo de la agricultura y de la artesanía posibilitó que aumentara la población, surgiendo problemas de comunicación y de coordinación que resultaría ampliando la cultura popular y acentuando la jerarquización social posibilitando que aumentara la población y la explotación del medio. Ello sería causa de nuevos problemas, que se resolverían incorporando visiones formales de la realidad como la visión naturalista sobre el clima que posibilitó que aumentara la población durante el Imperio Romano y durante la Edad Media. Pero durante el Renacimiento surgió un periodo de

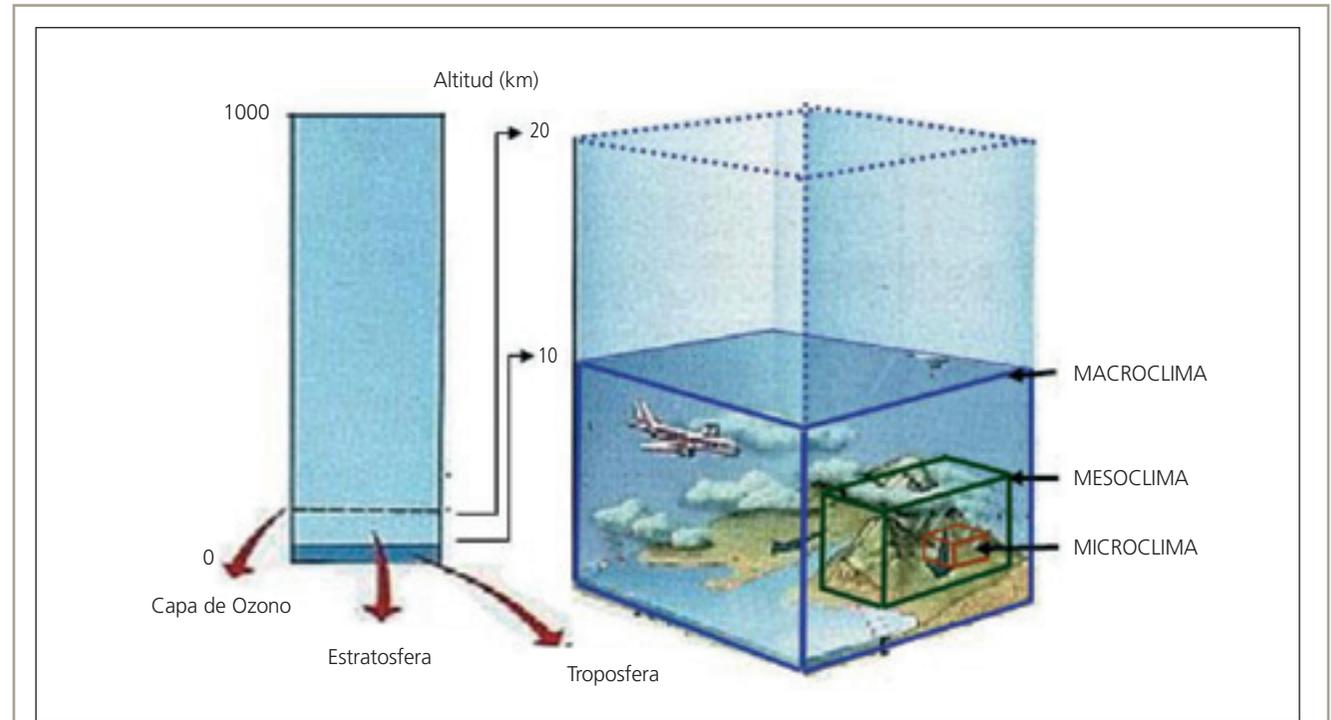


Figura 6.8. Representación espacial de las dimensiones (extensiones del área y de las unidades de análisis) correspondiente a las escalas climáticas generales: macro, meso y micro.

crisis convencional por el control del Mediterráneo Oriental por los Turcos, adquiriendo valor adaptativo la información experimental sobre el clima, que posibilitó intensificar la explotación de los ecosistemas mediante el uso de máquinas, el aprovechamiento de la energía fósil del carbón y del petróleo, el sistema económico liberal y la producción en serie de alimentos y servicios que facilitaron el aumento de la población a la vez que, paralelamente, se produjeron cambios que configuraron la crisis ambiental que se evidenciaría a partir de los años 60 del siglo XX.

La toma de conciencia de los problemas ambientales puso en evidencia que si bien el progreso y el desarrollo resultaban adaptativos a corto plazo, el aumento de la población ello motivó que se incrementara la explotación de los recursos, que se degrada-

ran diversos mecanismos reguladores, que el medio variara más rápidamente y que se produjeran intensos desajustes entre las adaptaciones y las condiciones del medio debido a que los cambios del medio eran rápidos y no podía restablecerse el ajuste o equilibrio a través de la evolución biológica ni a través de la cultura popular, del conocimiento formal naturalista ni de la ciencia analítica. Se reconoció entonces que se precisaba una nueva visión del desarrollo que incorporara objetivos ambientales y una nueva visión multidisciplinar de la realidad asociada a las ciencias ambientales capaz de generar adaptaciones culturales que permitieron resolver problemas realmente complejos. Sin embargo, aunque se resolvieron algunos problemas complejos, permanecieron los muy complejos pensándose que se resolverían con el tiempo.

La aceleración de la acumulación de problemas muy complejos durante la primera década del siglo XXI vino a que se reconociera que para la resolución de estos problemas se necesita ampliar la información incorporando una visión sistémica sobre la realidad, así como asumir también una metodología científica integrada acorde con la visión que permitiera también adecuar la tecnología. De modo que, si bien la resolución de los problemas muy complejos requiere de importantes ajustes técnicos y fuertes inversiones económicas, posiblemente sea más importante asumir una metodología más comprensiva, operativa, rentable y competitiva que no se reduzca a meros ajustes técnicos, sino un cambio en el sistema conceptual que recoge los frutos de la reflexión epistemológica durante el siglo XX, comunique esta visión o paradigma y desarrolle aplicaciones, para lo cual se precisa simplificar la visión sistémica sin perder este carácter.

DETERMINACIÓN DE LA INFORMACIÓN SIGNIFICATIVA A DIFERENTES ESCALAS

Escalas generales

Para facilitar y simplificar la visión sistémica se puede recurrir a determinar la información significativa a diferentes escalas generales (macro, meso y micro), así como a adaptar estas escalas generales a las condiciones específicas de cada región y en función de cada tipo de población.

En la figura 6.8 se expone la extensión horizontal de las escalas generales. Así, la escala macro se asocia a un espesor atmosférico superior a los 10 km; la escala meso, a un espesor de la atmósfera entre la superficie y 10 km, que se corresponde con la troposfera, donde se produce la mayoría de los fenómenos meteorológicos; la escala local se asocia a extensiones más reducidas, del orden de unos metros y la escala micro se asocia a extensiones que varían entre pocos metros y algunos centímetros.

La información anterior se complementa con la que ofrece la figura 6.9, en la que se describen las variables y a los instrumentos de medida asociados a cada escala.

Por otro lado, en la figura 6.10 se representa esquemáticamente la relación entre las escalas temporales y espaciales, evi-

		CARACTERÍSTICAS			
		DIMENSIONES	VARIABLES SIGNIFICATIVAS	FACTORES LIMITANTES	INSTRUMENTOS DE MEDIDA
ESCALAS GENERALES DE ANÁLISIS	MACROCLIMA 	<u>Superficial:</u> Cientos de km ² , un continente, un país. <u>Altitudinal:</u> Entre los 4 km y la troposfera.	- Balance de energía. - Balance de calor. - Centros de actividad. - Vientos generales. - Regiones climáticas.	- Latitud. - Época del año. - Distribución de los mares y los continentes. - Centros de acción.	- Satélites meteorológicos. - Globos sonda. - Sondeos en altura.
	MESOCLIMA 	<u>Superficial:</u> Pocos km ² (la ladera de una montaña, zona de riego). <u>Altitudinal:</u> Entre 0.01 - 4 km.	- Temperatura. - Precipitaciones. - Humedad. - Vientos superficiales.	- Altitud. - Orientación solar. - Orientación vientos. - Fisiografía del relieve.	- Pluviómetro. - Termómetro. - Higrómetro. - Anemómetro.
	MICROCLIMA 	<u>Superficial:</u> Unos metros o menos. Un cultivo invernadero. <u>Altitudinal:</u> Pocos centímetros.	- Radiación. - Calentamiento. - Humedad. - Temperatura. - Adaptaciones morfológicas y fisiológicas.	- Obstrucciones: viento. - Albedo. - Capacidad térmica. - Capacidad cultural.	- Termómetros de infrarrojos. - Termopar. - Radiómetros.

Figura 6.9. Características de las escalas generales de análisis climático: macroclimática, mesoclimática y microclimática. Estas escalas generales deben adecuarse a las condiciones específicas de cada zona concreta.

denciando la estrecha correlación que existe entre ambas; de modo que las escalas referidas no representan solamente escalas temporales sino escalas que incorporan también información temporal, aunque en determinados casos se produzcan desfases entre las escalas temporales y espaciales.

Asumiendo una perspectiva espacio-temporal, la información a "escala macroclimática" presta especial atención a factores astronómicos (latitud, declinación, ángulo horario) y geográficos (oceanicidad, continentalidad, grandes barreras orográficas), utilizándose para su descripción satélites meteorológicos, los cuales suministran una información que permite diferenciar grandes zonas adaptativas representadas por los biomas que, a su vez, condicionan otros factores de carácter socioeconómico y cultural. Por otro lado, los cambios que se consideran a esta

escala son a largo plazo, lo cual explica que hasta el presente se haya prescindido de esta información en la gestión si bien la situación ha cambiado con motivo de la problemática asociada al cambio climático.

La información a "escala mesoclimática" considera las condiciones atmosféricas de una superficie de varios miles de kilómetros utilizándose para su caracterización la información de los globos sonda. La información a "escala local" se refiere a las condiciones de un entorno de unos centenares de metros y una altura del suelo entre 1 y 5 m caracterizados en función de las variables sobre la temperatura, humedad, viento, etc., que se determinan en las estaciones meteorológicas primarias, secundarias y especiales. Finalmente, la información a "escala local-microclimática" analiza la influencia de componentes microtopo-

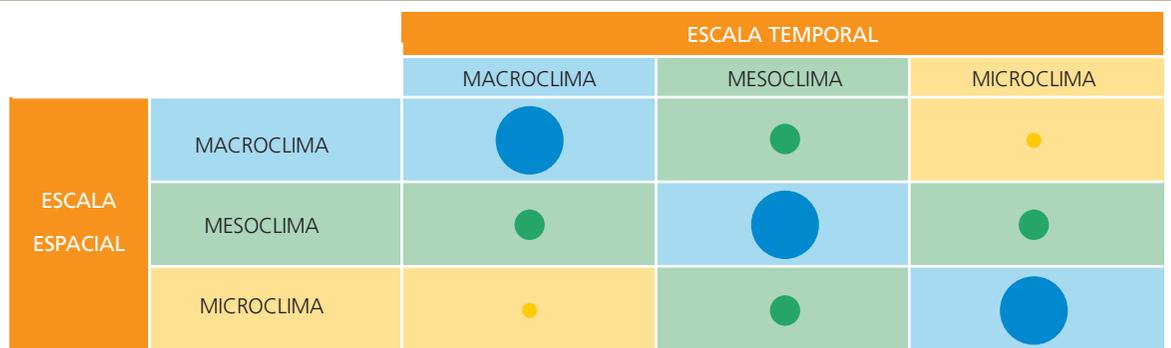


Figura 6.10. Representación esquemática de la relación entre escalas espaciales y temporales. El tamaño de los círculos es proporcional al grado de asociación entre las escalas temporales y espaciales.

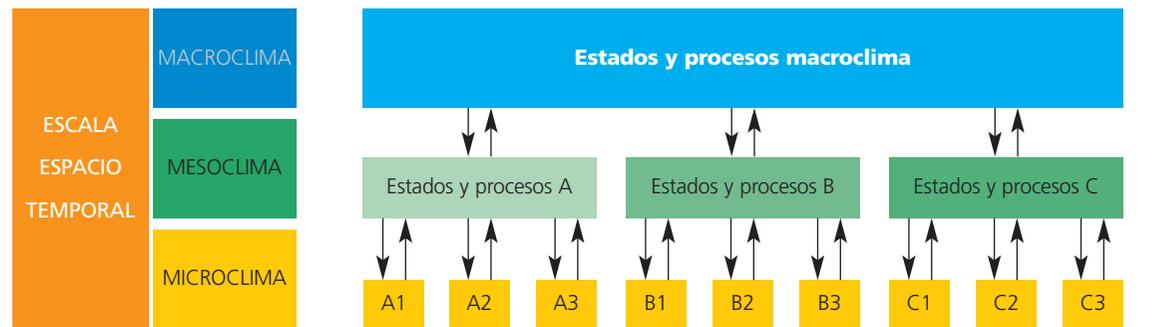


Figura 6.11. Relación entre variables a diferentes escalas.

gráficos naturales (un lago, una pradera, un bosque) y de componentes antrópicos de pequeño tamaño reducido (una pérgola, un jardín, un cultivo o una casa) que desencadenan cambios microclimáticos de la temperatura, la presión, los vientos y la humedad que resultan significativos.

Sin embargo, pese a la asociación de información a diferentes escalas, las informaciones no son independientes unas de otras, sino que están relacionadas entre sí como se representa esquemáticamente en la figura 6.11, donde se aprecia cómo la información a escala micro condiciona la información a escala local, como ésta condiciona la información a escala micro y ésta

condiciona, a su vez, la información a escala macro. A la inversa, la información a escala macro condiciona la información a escala meso, la información a escala meso condiciona la información a escala local, y la información a escala local condiciona la información a escala micro.

Adecuación de las escalas a las condiciones específicas de Canarias

En el caso de proyectos complejos, para describir las características bioclimáticas se precisa adaptar las escalas a las condiciones específicas de cada región.

Para adecuar las escalas a las condiciones específicas de Canarias, se ha subdividido cada escala general en una serie de escalas que permiten reflejar mejor la información que condiciona el confort térmico en Canarias, facilitándose con ello el aprovechamiento de las condiciones naturales del clima a través del diseño bioclimático (figura 6.12).

La escala "general global" se ha subdividido en tres escalas: global, zonal y regional. La escala global se asocia al balance de radiación global utilizando la información de los satélites meteorológicos; la escala zonal se asocia al balance de radiación y de la temperatura, y la escala regional se asocia a la información sobre la distribución de los continentes y de los mares y su influencia sobre el clima. Esto permite diferenciar una serie de regiones climáticas como la mediterránea, en la que se incluye Canarias, aunque con características específicas que hacen que se califique al clima de Canarias de "clima mediterráneo subtropical".

La "escala general mesoclimática" se ha subdividido en una escala archipelágica y una escala insular. A este respecto, la "escala específica archipelágica" se asocia a la información relativa a la variación entre islas debido a las diferencias en el perfil altitudinal y en la distancia al continente de cada isla, mientras que la escala insular se asocia a la variación de las condiciones climáticas dentro de cada isla en función de la altitud, la orientación y la fisiografía del terreno. Por último, la escala "general local-microclimática" se ha subdividido en una escala local ligada a las condiciones de temperatura, humedad, precipitación y otros parámetros que ofrecen los observatorios meteorológicos; una escala microclimática natural ligada a la alteración de las condiciones climáticas como resultado de la influencia de elementos naturales (la vegetación, el suelo y elementos microtopográficos), y una "escala microclimática antrópica", ligada al efecto de diferentes elementos culturales (un edificio, una carretera, etc.).

Tomando como referencia las diferentes escalas específicas definidas para Canarias estas subdivisiones, en la figura 6.13 se exponen las variables significativas desde una perspectiva sistémica que es preciso considerar para el diseño bioclimático de proyectos complejos en Canarias.

		INFORMACIÓN CLAVE		
		BÁSICA (Crioclima)	GENERAL (Fenoclima)	APLICADA (Confort térmico)
MACROCLIMÁTICA	GLOBAL (variación zonal)	Balance global de radiación y de calor	Temperatura media de la Tierra	Diagrama de cambio climático
	ZONAL (variación regional)	<ul style="list-style-type: none"> Balance zonal de radiación Centros de actividad Vientos zonales 	Zonas climáticas en función de la temperatura	Diagrama sobre la variación de radiación y temperatura potencial por zonas
	REGIONAL (variación subregional)	<ul style="list-style-type: none"> Distribución de continentes Centros de actividad del clima 	Clasificación climática de Canarias como clima mediterráneo subtropical	<ul style="list-style-type: none"> Diagramas de Walter Diagramas de Koeppen
MESOCLIMÁTICA	ARCHIPELÁGICA (variación interinsular)	<ul style="list-style-type: none"> Oceanicidad Altitud media 	Variación climática interinsular: <ul style="list-style-type: none"> Oscilación térmica 	<ul style="list-style-type: none"> Temperaturas mínimas
	INSULAR (variación intrainsular)	Balance de radiación y calor <ul style="list-style-type: none"> Altitudinal Sectorial 	Gradiente climático <ul style="list-style-type: none"> Altitudinal Orientación Estaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Temperaturas medias de un piso climático
MICROCLIMÁTICA	ESCALA LOCAL (estaciones meteorológicas)	Factores climáticos	Temperatura, precipitación y humedad	Temperatura media local
	MICROCLIMÁTICA NATURAL (variación intralocal)	Balance micro de radiación y calor: <ul style="list-style-type: none"> Orientación Obstrucciones 	Procesos y condiciones microclimáticas naturales	Diagrama de Olgay: <ul style="list-style-type: none"> Temperaturas mínimas
	MICROCLIMÁTICA URBANA (variación antrópica)	Balance de radiación y calor en: <ul style="list-style-type: none"> Muros Cubiertas 		Diagrama de Givoni: <ul style="list-style-type: none"> Temperaturas máximas diarias

Figura 6.12. Información significativa específica de diferentes escalas de análisis.

METODOLOGÍA CIENTÍFICA ADAPTATIVA

Evaluación del resultado y ajustes de los datos y criterios bioclimáticos

En el caso de los proyectos simples, como viviendas unifamiliares aisladas en zonas rurales, es posible generar soluciones

adaptativas de arquitectura bioclimática en función de pocas variables significativas como la temperatura media y la precipitación utilizando al respecto la información de los climodiagramas de Walter o la clasificación de Köppen. En los proyectos medianamente complejos, sin embargo, se precisa completar esta información con la derivada de la visión ambientalista sobre el

clima y de la elaboración de los diagramas de Olgay y de Givoni. No obstante, en el caso de problemas muy complejos no es posible definir un conjunto reducido de visiones concretas, sino que se describe un procedimiento de aproximación sucesiva como el que se describe en la figura 6.14, en el que al final de cada ciclo se evalúan los resultados para ajustar los criterios de diseño y las variables significativas a cada escala y a cada zona.

Para garantizar el confort térmico y hacerlo con eficiencia energética se necesitaría controlar múltiples parámetros, pero ello resulta imposible en la práctica, con lo que se recurre a aplicar un procedimiento que integra ajustes sucesivos que permiten, por un lado, generar soluciones adaptativas siguiendo ciertos criterios basados en los factores que se considera más significativos y, por otro, aprovechar la información resultante de monitorizar diferentes proyectos para mejorar la información y los criterios bioclimáticos que deben utilizarse en función de la complejidad de los proyectos y de las condiciones (escenarios) en que se desarrollan.

La razón de este enfoque se debe a que los parámetros significativos son tantos que es imposible considerarlos todos en el diseño, ni tampoco es posible estandarizar todos los criterios de diseño en el caso de proyectos complejos utilizando potentes ordenadores, por lo que en el diseño se plantea limitarse a optimizar la solución en función de los datos sobre algunos pocos factores bioclimáticos, y proceder a generar diferentes soluciones bioclimáticas entre las cuales se selecciona la que genere menor impacto ambiental. Esto permite incorporar no sólo la información considerada explícitamente, sino también información implícita que puede ser muy significativa, información que con el tiempo se puede explicitar e incorporar entre los criterios que hay que tener en cuenta explícitamente en el diseño. En cualquier caso, las soluciones que se generan no pretenden ser óptimas ni definitivas, sino soluciones adaptativas para determinadas circunstancias.

En la figura 6.14 ha esquematizado la metodología seguida para el diseño bioclimático y la monitorización de proyectos para adaptar la información y los criterios de diseño bioclimático que se describen en la segunda parte del Manual, lo que permite

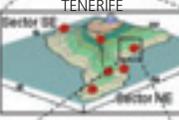
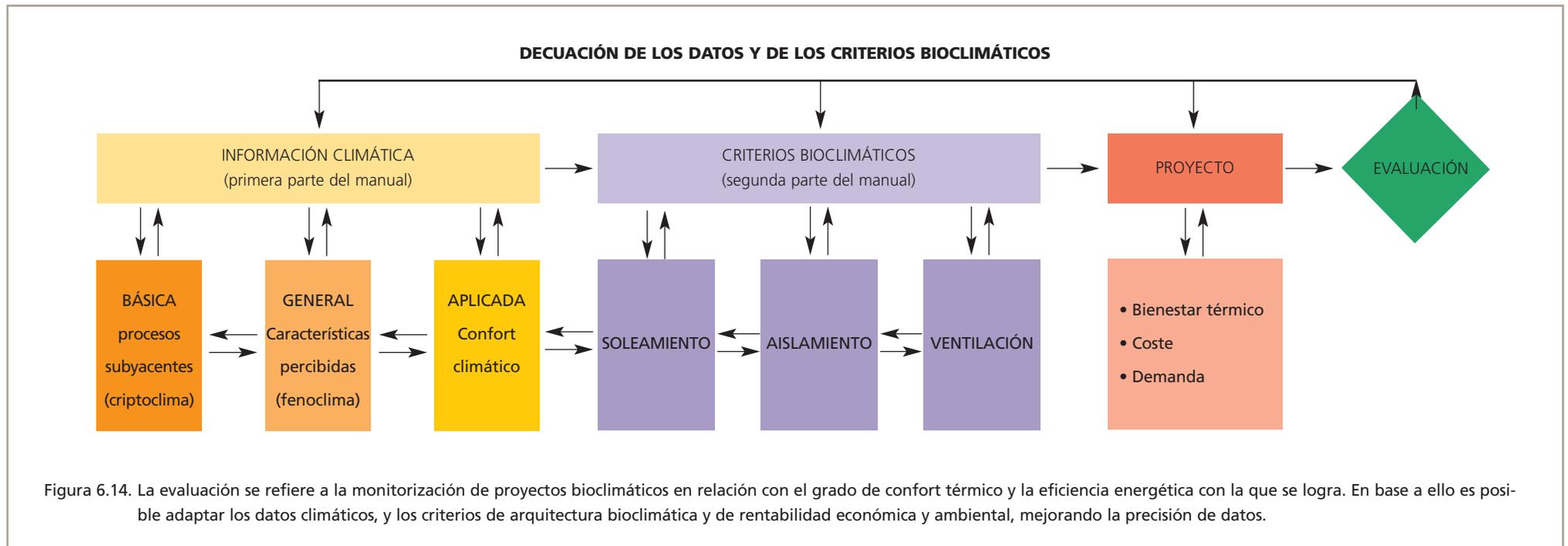
ESCALA DE ANÁLISIS		INFORMACIÓN CLAVE			
ESCALA	REPRESENTACIÓN	BÁSICA (Crioclima)	GENERAL (Fenoclima)	APLICADA (Confort térmico)	
MACROCLIMÁTICA	GLOBAL (variación zonal)	TIERRA 	Balance global de radiación y de calor	Temperatura media de la Tierra	Diagrama de cambio climático
	ZONAL (variación regional)	ZONA TEMPLADA 	<ul style="list-style-type: none"> Balance zonal de radiación y de calor Centros de actividad Vientos zonales térmicos 	Zonas climáticas en función de la temperatura	Diagrama sobre la variación de radiación y temperatura potencial por zonas
	REGIONAL (variación subregional)	R. MEDITERRÁNEA 	<ul style="list-style-type: none"> Distribución de corrientes Centros de actividad del clima específicos del clima mediterráneo 	Regiones climáticas en función de: <ul style="list-style-type: none"> Temperatura Precipitación Región mediterránea subtropical 	<ul style="list-style-type: none"> Clasificación del hábitat Diagrama de Walter
MESOCLIMÁTICA	ARCHIPELAGICA (variación interinsular)	CANARIAS 	<ul style="list-style-type: none"> Oceanicidad Altitud media 	<ul style="list-style-type: none"> Oscilación térmica Temperatura mínima 	
	INSULAR (variación intrainsular)	TENERIFE 	<ul style="list-style-type: none"> Balance de radiación sectorial y calor altitudinal y sectorial 	<ul style="list-style-type: none"> Variación altitudinal y por sectores. Información climática estacional 	
MICROCLIMÁTICA	MICROCLIMÁTICA NATURAL (variación intralocal)	MICROHÁBITAT NATURAL 	<ul style="list-style-type: none"> Balance micro de radiación y de calor Soleamiento Orientación Obstrucción 	<ul style="list-style-type: none"> Diferencias microclimáticas naturales de temperatura. Temperaturas máximas y mínimas 	<ul style="list-style-type: none"> Diagramas de Olgyay
	MICROCLIMÁTICA URBANA (variación antrópica)	VIVIENDA 	<ul style="list-style-type: none"> Balance de radiación y calor en: Muros Cubiertas 	<ul style="list-style-type: none"> Diferencias de temperatura y de inversión térmica de los muros 	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama de Givoni

Figura 6.13. Información significativa a diferentes escalas relacionadas con el confort térmico en la edificación. El objetivo es precisar la información significativa a considerar en Canarias para el diseño de proyectos complejos. Se diferencia entre la información básica, la general y la aplicada.

mejorar el resultado de forma sucesiva gracias a incorporar nueva información climática significativa y nuevos criterios de diseño que garanticen el confort térmico y la reducción del uso de energía fósil.

Durante tiempo, la construcción ha seguido la información cultural sobre el clima de cada zona y los criterios de la arquitectura popular, lo que ha permitido generar con el tiempo soluciones adaptativas que en muchos casos han venido desfasadas debido a los cambios socioeconómicos y ambientales, lo que motiva que las soluciones se diversifiquen en función de la complejidad de los proyectos.



Epílogo

La solución sistémica a los problemas no se asocia a un conjunto de técnicas concretas sino que exige un cambio de paradigma, para lo cual se requiere un cambio social que permita que la información fluya de una red abierta, lo cual puede

materializarse modificando el sistema educativo y de gestión orientándolo hacia un ciudadano que, a su vez, debe responsabilizarse de la protección del medio, del proceso de desarrollo económico y del proceso educativo, para el uso de internet para dar respuesta a los problemas de una sociedad con más

de 6000 millones de habitantes que conviven en un territorio muy limitado en el que los intereses ambientales son globales y en el que se ha generalizado la comunicación y la información.

7. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL CLIMA DE CANARIAS

J.P. de Nicolás Sevillano, F. Ferrer Ferrer, P. G. Cabrera Oliva

RESUMEN

La información básica se refiere a los procesos meteorológicos que condicionan las características generales del clima de Canarias a diferentes escalas, y que sirven para evaluar el confort térmico en el caso de proyectos aplicados complejos que precisan de información cuantitativa sobre la radiación.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS BÁSICAS

Naturaleza de la información básica

La perspectiva sistémica del clima implica considerar parámetros físicos, biológicos y culturales percibidos directamente (fenoclima o información climática general) o indirectamente (criptoclima o información climática básica).

La "información climática básica" se refiere a los procesos meteorológicos relativamente abstractos, alejados de la percepción directa de los sentidos y de la interpretación del sentido común, que versan sobre procesos relacionados con los flujos de radiación y de calor y que permiten interpretar la variación de la información climática percibida directamente. Para ello se asume una visión sistémica que relaciona procesos subyacentes a diferentes escalas con las condiciones del clima, una visión que resulta más comprensiva que la visión reduccionista convencional, que estudia por separado diferentes tipos de información sin tener en cuenta sus interacciones y que es esencial para gestionar problemas complejos.

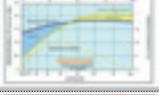
INFORMACIÓN CLIMÁTICA BÁSICA A DIFERENTES ESCALAS			
ESCALA	REPRESENTACIÓN	TIPO DE INFORMACIÓN	ILUSTRACIÓN
GLOBAL (variación zonal)	TIERRA 	Balance global de radiación y de calor.	
ZONAL (variación regional)	ZONA templada 	Balance zonal de radiación y calor. Centros de acción.	
REGIONAL (variación subregional)	R. MEDITERRÁNEA 	Desplazamiento del anticiclón de las Azores.	
ARCHIPELAGICA (variación interinsular)	CANARIAS 	Inversión térmica, nubosidad y radiación.	
INSULAR (variación intrainsular sectorial, altitudinal y local)	TENERIFE 	Altitud, orientación, nubosidad, albedo, obstrucciones estacionales.	
MICROCLIMÁTICA NATURAL	MICROHABITAT NATURAL 	Efecto de la microtopografía sobre la radiación y la temperatura.	
MICROCLIMÁTICA URBANA	VIVIENDA 	Efecto de los elementos antrópicos sobre la radiación y la temperatura.	

Figura 7.1. Información básica a diferentes escalas. La escala de análisis se ilustra con un gráfico, mientras que la información significativa asociada a cada escala se ejemplifica con una ilustración.

Escalas de análisis

Para facilitar la descripción de la información general se recurre a seleccionar los procesos y los factores que influyen de forma más significativa sobre la variación de las características climáticas generales a las diferentes escalas definidas específicamente para Canarias y que se representan en la figura 7.1.

A escala global se analizan los flujos de radiación de la esfera terrestre “como un todo” a tres niveles altitudinales representativos de la estructura de la atmósfera en relación con el confort térmico: el límite exterior de la atmósfera, la capa en la que se localizan los gases de efecto invernadero y el nivel próximo a la superficie terrestre. A este respecto, al aproximarnos a la superficie terrestre se precisa incorporar sucesivamente más elementos y factores, hasta el extremo de necesitarse analizar la información a varias escalas de análisis, desde la escala global a escalas sucesivamente más detalladas. Además, mientras el balance de radiación global a nivel de la superficie exterior se considera de forma unitaria, al nivel de la superficie terrestre se analiza el balance de radiación para diferentes zonas latitudinales que presentan características astronómicas homogéneas, encontrándose que dentro de cada zona existen diferencias intrazonales debidas al diferente comportamiento térmico y a la distribución irregular de los mares y de los continentes, así como de los vientos, de las corrientes marinas y de la nubosidad, en función de lo cual se diferencian regiones climáticas dentro de cada zona. Así, en la “zona templada” se diferencia la “región climática mediterránea” en la cual se incluye a Canarias, si bien Canarias presenta diferencias respecto de otras áreas de la región climática mediterránea relacionadas con la latitud subtropical y la influencia de los vientos alisios que lleva a caracterizar a Canarias como “subregión mediterránea subtropical”.

Además, dentro de Canarias existen diferencias climáticas entre islas ligadas con la distancia al continente africano y con la forma y perfil altitudinal, en cierta medida fruto del pasado geológico. También hay diferencias dentro de cada isla que se pueden interpretar en función de la altitud, de la orientación y de la fisiografía particular de cada localidad. Incluso, dentro de cada localidad existen diferencias microclimáticas debido a factores

naturales (microtopografía, vegetación) y artificiales (muros, edificios, carreteras) cuya magnitud puede ser globalmente reducida, pero que debido a su proximidad, su efecto sobre los organismos y el hombre resulta muy significativo.

ESCALA GLOBAL

Estructura vertical de la atmósfera

La atmósfera está integrada por una capa de aire de unos 100 km de espesor que rodea la Tierra en la que pueden diferenciarse, en función de la variación de la temperatura con la altitud, cuatro capas con características específicas: la troposfera, la estratosfera, la mesosfera y la termosfera, separadas respectivamente por la tropopausa, la estratopausa y la mesopausa (figura 7.2). Sin embargo, en relación con la influencia de la radiación sobre el confort

térmico se van a considerar solamente tres niveles representados por la superficie externa de la atmósfera, el nivel de la atmósfera en el que se localizan los gases de efecto invernadero y el nivel de la atmósfera próximo a la superficie de la Tierra.

Análisis de radiación al nivel de la atmósfera exterior

El flujo de radiación electromagnética que llega a la superficie externa de la atmósfera está integrado por longitudes de onda, entre los 200 y 4000 nm, que se corresponde con la radiación ultravioleta, luz visible y radiación infrarroja. En conjunto totalizan una potencia de 1.360 W/m² conocida como “constante solar”, si bien varía con la distancia de la Tierra al Sol y con la actividad solar.

Multiplicando la constante solar por el área del círculo de la Tierra y dividiendo el resultado por la superficie de la misma se

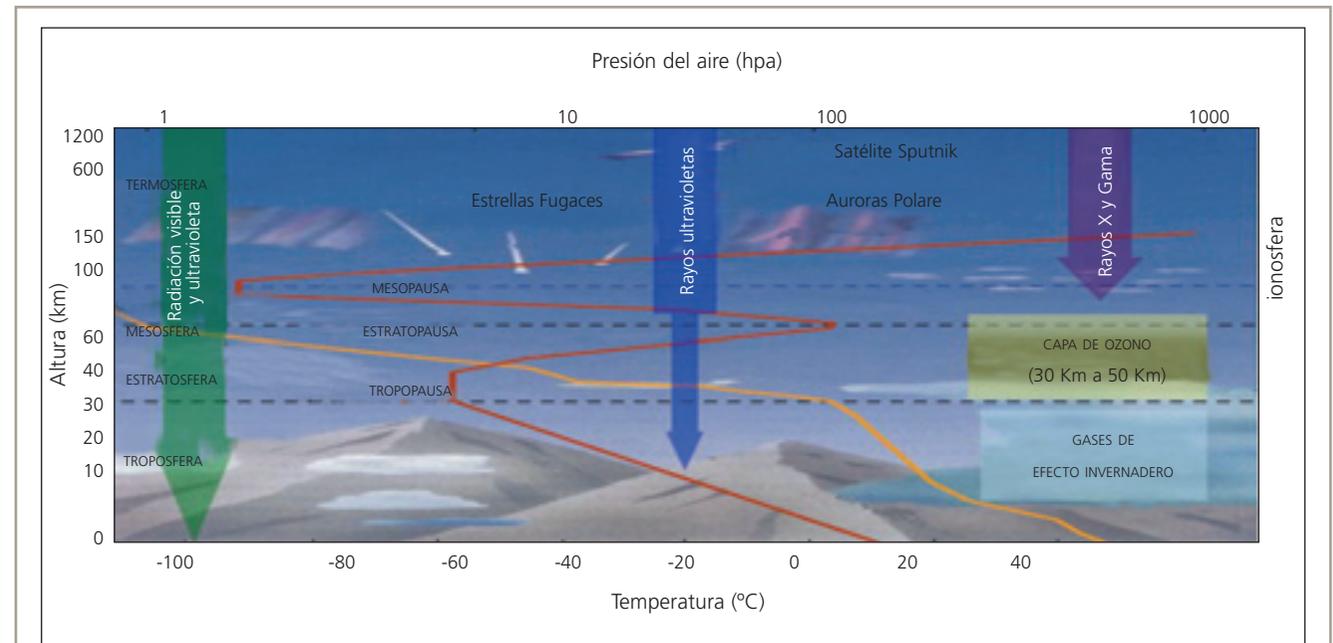


Figura 7.2. Diferenciación de las capas de la atmósfera en función de la variación de la temperatura con la altitud. La radiación solar es absorbida diferencialmente por los gases situados a cada altitud, siendo especialmente significativa la absorción protagonizada por la capa de ozono y por los gases de efecto invernadero.

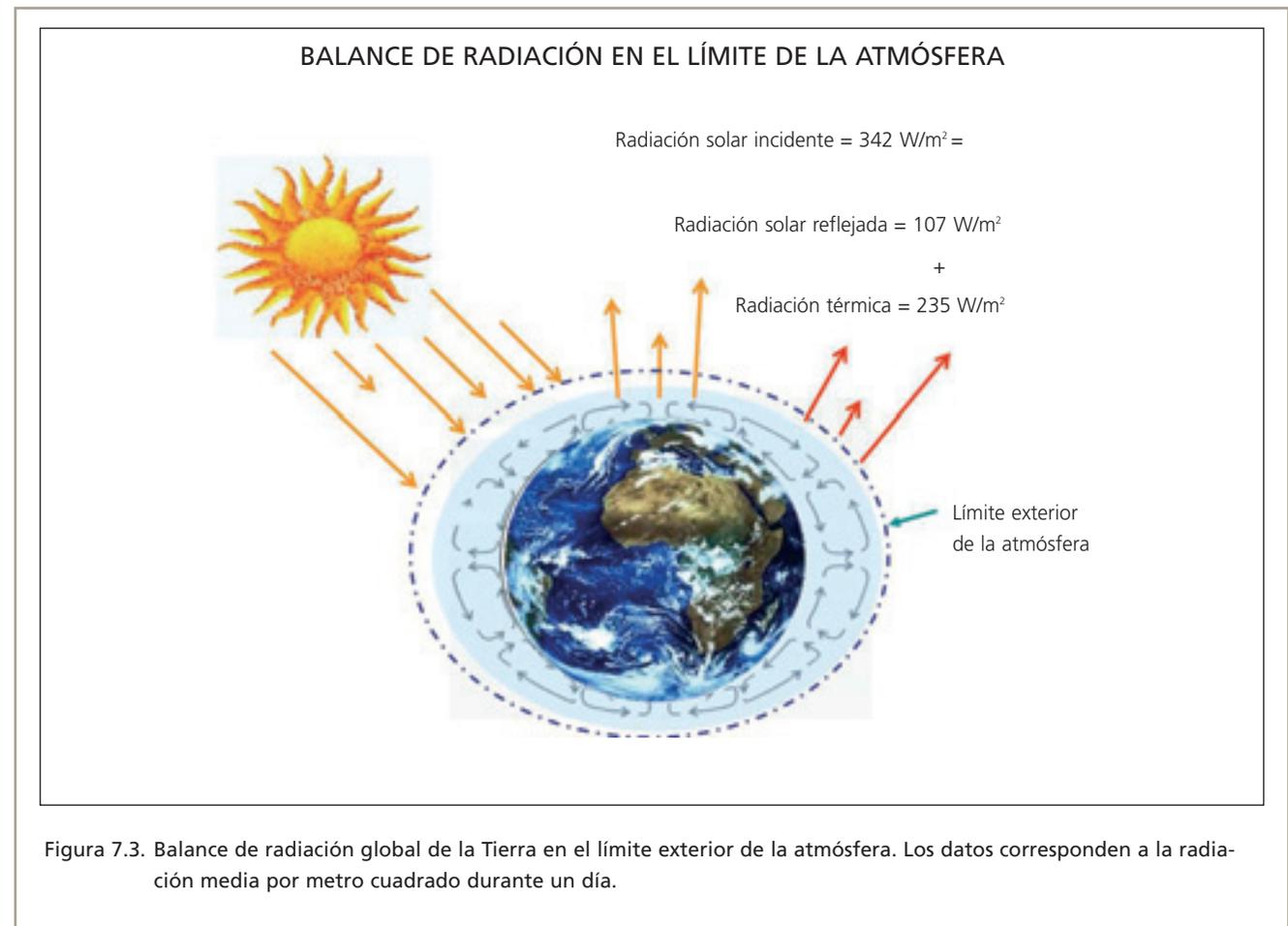
tiene una radiación media de 342 W/m^2 por día, que es la radiación que teóricamente podría llegar a la Tierra, si bien una parte es reflejada por la atmósfera, otra parte es retrodifundida y sólo una tercera parte penetra en la atmósfera. A este respecto en la figura 7.3 se aprecia que a nivel de la superficie externa de la atmósfera, la radiación solar incidente (342 W/m^2) equivale a la suma de la radiación solar reflejada (107 W/m^2) y de la radiación infrarroja (235 W/m^2) emitida por la Tierra (medida desde un satélite).

Además, teniendo en cuenta la relación que existe entre la radiación que emite un cuerpo negro y su temperatura, si la radiación térmica que cruza la capa exterior de la atmósfera procediera directamente de la superficie terrestre habría que pensar que se encuentra a una temperatura de media de $-18 \text{ }^\circ\text{C}$.

Análisis a nivel de la zona de gases de efecto invernadero

Al nivel de la atmósfera en la que se localizan los gases de efecto invernadero, parte de la radiación electromagnética incidente es absorbida por diferentes gases (principalmente ozono, dióxido de carbono y vapor de agua) que se calientan, emitiendo radiación de onda larga hacia la atmósfera y hacia la superficie terrestre. Mientras que gases tan abundantes como el nitrógeno son transparentes (diatérmicos) a casi todas las radiaciones, el ozono absorbe la radiación ultravioleta (longitud de onda menor de 290 nm) y el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, los óxidos de nitrógeno y otros gases de origen antrópico absorben gran parte de la radiación infrarroja (radiación térmica) y son transparentes a las radiaciones de onda corta (ultravioletas y visibles), con lo que se les denomina gases de efecto invernadero (incluso existen gases que absorben energía en intervalos relativamente estrechos del espectro visible). Así, antes de alcanzar la superficie terrestre, se absorbe un 49% de la radiación infrarroja, un 42% de luz visible y el 9% de radiación ultravioleta, además de la radiación visible que absorbe la vegetación para la fotosíntesis.

El efecto de los gases de efecto invernadero permite que la temperatura terrestre sea de $15 \text{ }^\circ\text{C}$, lo que corresponde a una emisión calorífica de 390 W/m^2 , existiendo una diferencia de 155



W/m^2 entre este valor y la radiación térmica emitida en la capa exterior de la atmósfera (235 W/m^2) que corresponde a la energía infrarroja que atrapan los gases de efecto invernadero y que devuelven a la superficie de la Tierra. Esta radiación térmica sumada a los 168 W/m^2 de la radiación solar (directa y difusa) absorbida por la superficie totaliza 492 W/m^2 , equivalentes a los 492 W/m^2 resultante de sumar la radiación sensible (25 W/m^2), la transmisión de calor latente por evapotranspiración (78 W/m^2) y la radiación infrarroja (térmica) emitida por la Tierra (390 W/m^2). De esta manera, gracias a la radiación térmica captada por los

gases de efecto invernadero y devuelta a la superficie terrestre, en lugar de los $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ de temperatura media en la superficie terrestre que cabría esperar de no existir los gases de efecto invernadero, resulta una temperatura media de $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

En los días nublados el porcentaje de energía solar directa que refleja la atmósfera es mayor por efecto de las nubes, reduciendo el calentamiento en unos 50 W/m^2 , si bien hay que tener en cuenta que las nubes contribuyen al calentamiento con unos 30 W/m^2 , debido al efecto invernadero, resultando en conjunto un enfriamiento de unos 20 W/m^2 . La energía infrarroja absorbi-

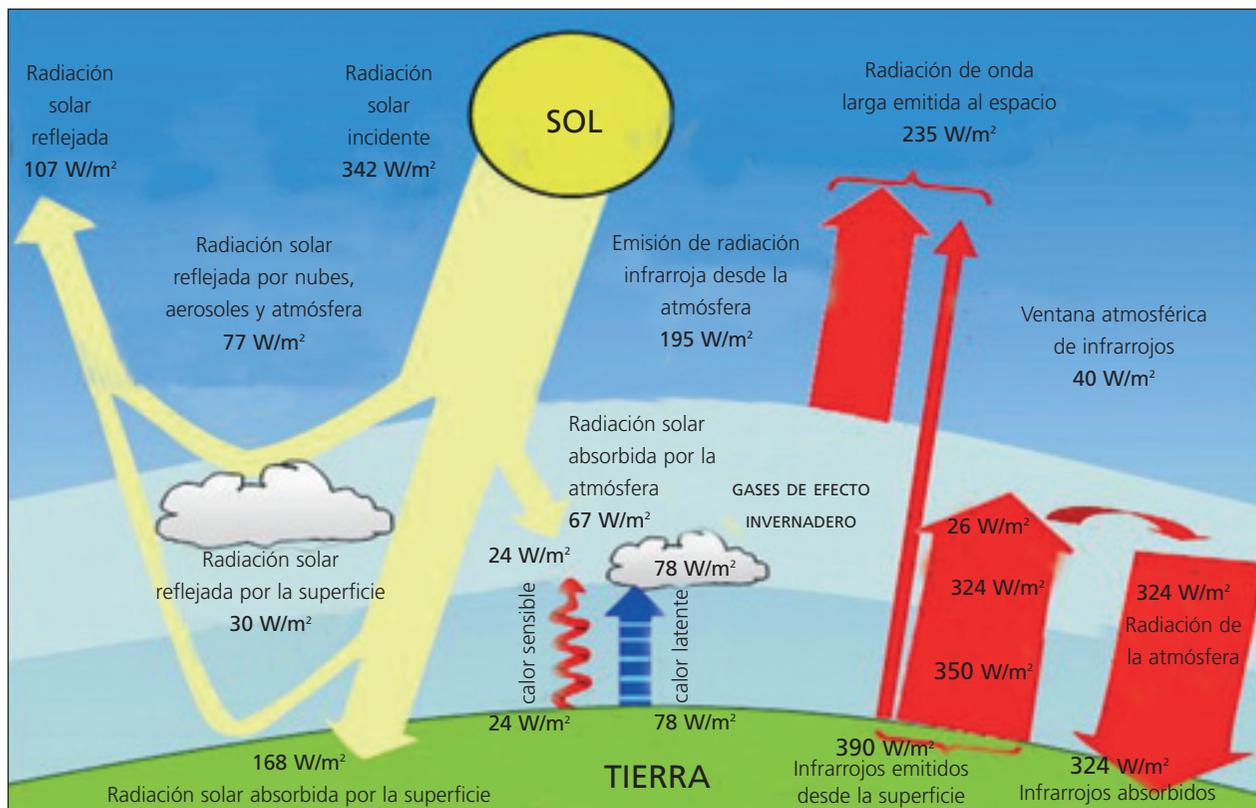


Figura 7.4. Balance de radiación a escala global a diferentes niveles. Se trata de una visión equivalente a la que ofrece la figura anterior, si bien no se representa más que un área pequeña para facilitar la representación. En la superficie externa de la atmósfera la radiación solar incidente es igual a la radiación solar reflejada más la radiación térmica emitida por la superficie terrestre. Para explicar que la temperatura de la superficie terrestre sea de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ se precisa considerar los gases de efecto invernadero.

da supone del 60 al 70% del total del efecto invernadero, la mayor contribución seguida por el dióxido de carbono, el metano, el ozono y los óxidos de nitrógeno.

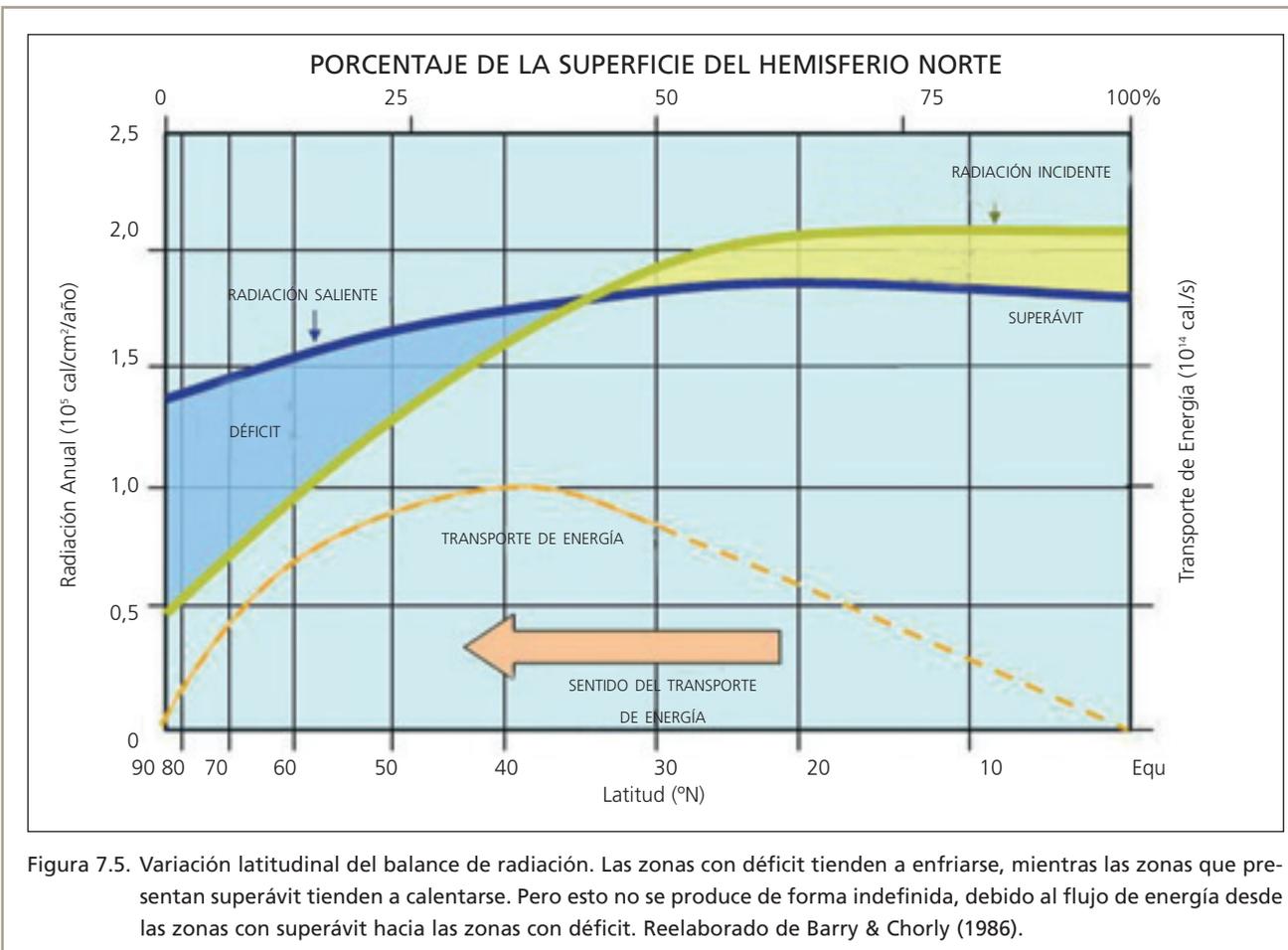
Balance de radiación sobre la superficie terrestre

De la radiación que penetra en la atmósfera como media, una cuarta parte llega a la superficie terrestre de forma direc-

ta (radiación directa), a la que se une la radiación difusa para formar en conjunto la radiación solar global. Ésta, en condiciones óptimas (un día perfectamente claro y con los rayos de sol cayendo casi perpendiculares), sólo representa las tres cuartas partes de la energía que inciden en la capa exterior de la atmósfera terrestre. De esta fracción de radiación que alcanza la superficie terrestre una parte es reflejada en función del

ángulo de incidencia sobre la superficie expuesta y de la capacidad de la superficie para reflejar la radiación (albedo), mientras que otra parte es absorbida, motivando que se caliente la superficie y que en función de la temperatura alcanzada emita radiación térmica, estimándose que de los 342 W/m^2 de energía incidente media diaria, el 30% (más de 100 W/m^2) sea reflejada por la Tierra y devuelta al espacio, hablándose de que el albedo de la Tierra es de 0.3 (sobre uno), del cual la mitad correspondería a las nubes y el resto al suelo, aunque esta proporción varía mucho en función del tipo de superficie, siendo muy alto en los polos debido a la capacidad del hielo para reflejar la radiación y muy bajo en las zonas ecuatoriales recubiertas por vegetación.

Si se analiza el balance de radiación (diferencia entre la radiación que sale y la que entra), el resultado es positivo en las zonas situadas entre el ecuador y los 35° de latitud norte y sur mientras que es negativo entre los 35° de latitud y los polos. En la figura 7.5 se ha representado la variación latitudinal de la radiación solar incidente o entrante y la suma de la radiación solar reflejada y la radiación térmica emitida por la superficie terrestre (radiación saliente): la superficie de las zonas donde el balance es positivo se calentaría hasta alcanzar teóricamente una temperatura tal que la radiación emitida se iguale a la radiación incidente, mientras que en las zonas con balance negativo la superficie se enfriaría hasta que la radiación emitida iguale a la radiación incidente, lo cual motivaría grandes diferencias de temperatura entre las zonas próximas a los polos y las próximas al ecuador. Afortunadamente no es así, pues el equilibrio energético no se alcanza igualándose la radiación entrante y saliente en cada zona, sino a través del transporte de energía entre zonas calientes (con superávit) y zonas frías (con déficit) mediante el calor transportado por los vientos (superficiales y de altura) y las corrientes marinas (superficiales y profundas), reduciéndose las diferencias de la variación zonal de la temperatura que aparecen relacionadas con la radiación, particularmente en el mar, mientras que en las zonas continentales la relación se desdibuja por la influencia de la variación de la altitud y del albedo.



ESCALA ZONAL

Componentes de la variación zonal

La variación del balance de radiación se puede considerar resultado de una componente zonal, representada por la radiación potencial que varía en función de factores astronómicos relacionados con la latitud y el movimiento de la Tierra en torno al Sol, y de una componente intrazonal, que depende de la desigual distribución y capacidad térmica de los mares y de los continentes en cada zona, del diferente comportamiento térmico de

ambos y de la variación intrazonal de la nubosidad y del albedo, a lo que habría que añadir el efecto de los centros de actividad que condicionan el movimiento de masas de aire con diferente temperatura y contenido de humedad que, a su vez condicionan la estabilidad atmosférica y la producción de precipitaciones en los que se producen fenómenos de condensación que implican intercambios de calor latente asociado a los procesos de evaporación y de condensación del agua. Los primeros factores se analizan ahora a escala zonal, mientras que los demás se analizan a escala de mayor detalle. A este respecto, los factores astronómi-

cos que condicionan la radiación potencial están ligados a los movimientos de la Tierra respecto al Sol, que se considerarán tal como los aprecia un observador del sistema solar desde fuera del mismo (movimiento real), analizándose posteriormente desde la Tierra (movimiento aparente del sol), dependiendo de la latitud (Φ) del lugar, de la variación de la declinación solar (δ) a lo largo del año y del ángulo horario (ω) correspondiente al instante del día considerado. A este respecto, para diferenciar el efecto debido a cada uno de estos factores trataremos de ortogonalizar su variación seleccionando situaciones que lo permitan.

Efecto de la latitud

En la figura 7.6 se analiza el efecto de la latitud sobre la radiación durante el equinoccio (cuando la declinación es cero) y al mediodía (cuando el ángulo horario es cero), una situación en la que sólo varía la latitud permaneciendo fijos los demás factores. A este respecto, resulta útil diferenciar en la Tierra tres grandes zonas geográficas latitudinales en cada hemisferio (polar, templada, y tropical) y cinco zonas intermedias (dos subpolares en torno a los círculos polares, dos zonas subtropicales en torno a los trópicos y una zona ecuatorial en torno al ecuador).

Durante los equinoccios, debido a la esfericidad de la Tierra a mediodía, el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre varía desde los noventa grados en el ecuador a los cero grados en los polos, afectando a la cantidad de radiación recibida por unidad de superficie y al calentamiento, que son mayores cuanto mayor es el ángulo de incidencia de los rayos solares al aumentar la energía recibida por unidad de superficie.

Influencia de la declinación solar

El segundo factor astronómico es la declinación solar (δ) o ángulo que forma el plano ecuatorial y el plano de la órbita terrestre alrededor del Sol (plano de la eclíptica). Varía con el movimiento de traslación de la Tierra a lo largo del año entre $\pm 23,45^\circ$ (figura 7.7), alcanzando un valor máximo ($\delta = +23,45^\circ$) en el solsticio de verano (el 22 de junio), un valor cero ($\delta = 0^\circ$) durante los equinoccios (el 23 de marzo y el 22 de septiembre), y un valor mínimo ($\delta = -23,45^\circ$) en el solsticio de invierno (el 22 de diciembre).

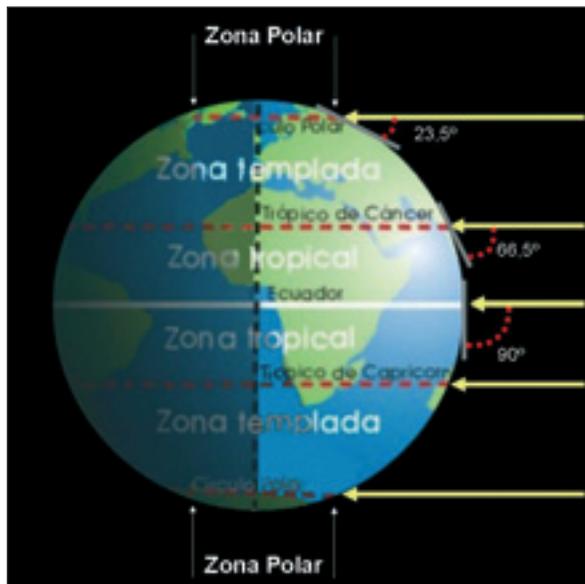


Figura 7.6. Variación del ángulo de incidencia de la radiación sobre la superficie como consecuencia de la esfericidad de la Tierra durante los equinoccios a mediodía. Se diferencian seis zonas principales (dos polares, dos templadas y dos tropicales) y cinco intermedias (dos subpolares, dos subtropicales y una ecuatorial). La inclinación de los rayos solares sobre la superficie terrestre varía de 0° en los polos a 90° en el ecuador, condicionando la cantidad de radiación recibida por unidad de superficie y la temperatura.

El efecto conjunto de la declinación y de la latitud se describe en la figura 7.8. Durante el solsticio de verano del hemisferio norte, cuando la declinación de la Tierra es de +23,45°, se aprecia que la variación de la inclinación de los rayos solares es diferente que durante el equinoccio (declinación cero) motivando que el círculo polar ártico quede iluminado durante las 24 horas del día y que la radiación incida perpendicularmente en el trópi-

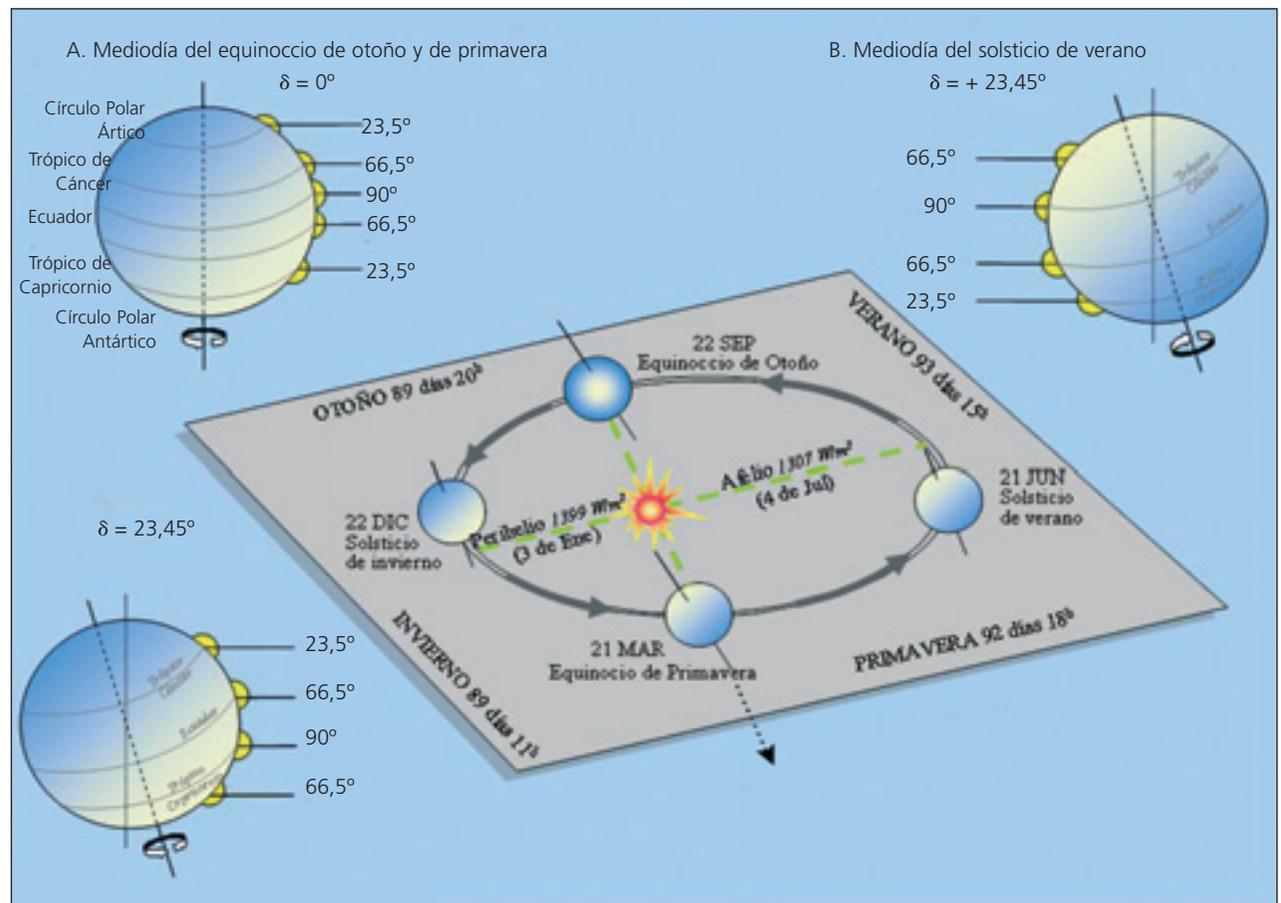


Figura 7.7. A lo largo del movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol varía la declinación. El hemisferio norte está más expuesto a la radiación solar durante el solsticio de verano y el hemisferio sur durante el solsticio de invierno. Durante el equinoccio de primavera y otoño el eje de la Tierra es perpendicular al plano de la eclíptica.

co de Cáncer en lugar de en el ecuador como sucede durante los equinoccios.

Como resultado del efecto conjunto de la variación de la declinación solar y de la latitud, varía el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre, pudiéndose diferenciar sobre cada hemisferio cinco zonas térmicas: polar, fría, templada, cálida y ecuatorial. Las zonas polares se localizan en torno a los polos y se

caracterizan por la gran inclinación de los rayos solares y las bajas temperaturas; las zonas frías se localizan entre la zona polar y la zona templada de cada hemisferio, siendo mayor el grado de inclinación de los rayos solares y más elevadas las temperaturas que en las zonas polares; las zonas templadas se localizan entre la zona fría y la zona cálida, aumentando en ella la inclinación de los rayos solares y la temperatura; las zonas cálidas se localizan entre las zonas

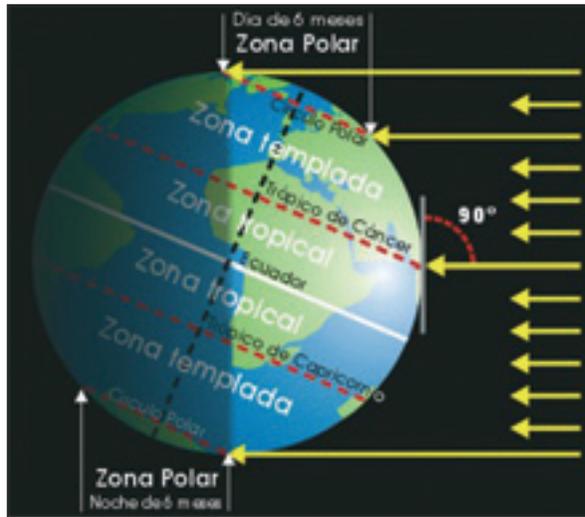


Figura 7.8. Distribución de la radiación solar durante el verano del hemisferio norte, apreciándose que la radiación es mayor en este hemisferio que en el sur, disfrutando durante esta época la zona polar de periodos en los cuales el sol brilla durante las 24 horas del día, aunque un ángulo de incidencia muy bajo (23,45°).

templadas de ambos hemisferios, a uno y otro lado del ecuador y presentan los valores más altos de radiación y de temperatura; finalmente, la zona ecuatorial se sitúa en torno al ecuador.

Efecto del ángulo horario

El tercer factor astronómico es el ángulo horario (ω), que corresponde al ángulo entre la posición del sol a la hora consi-

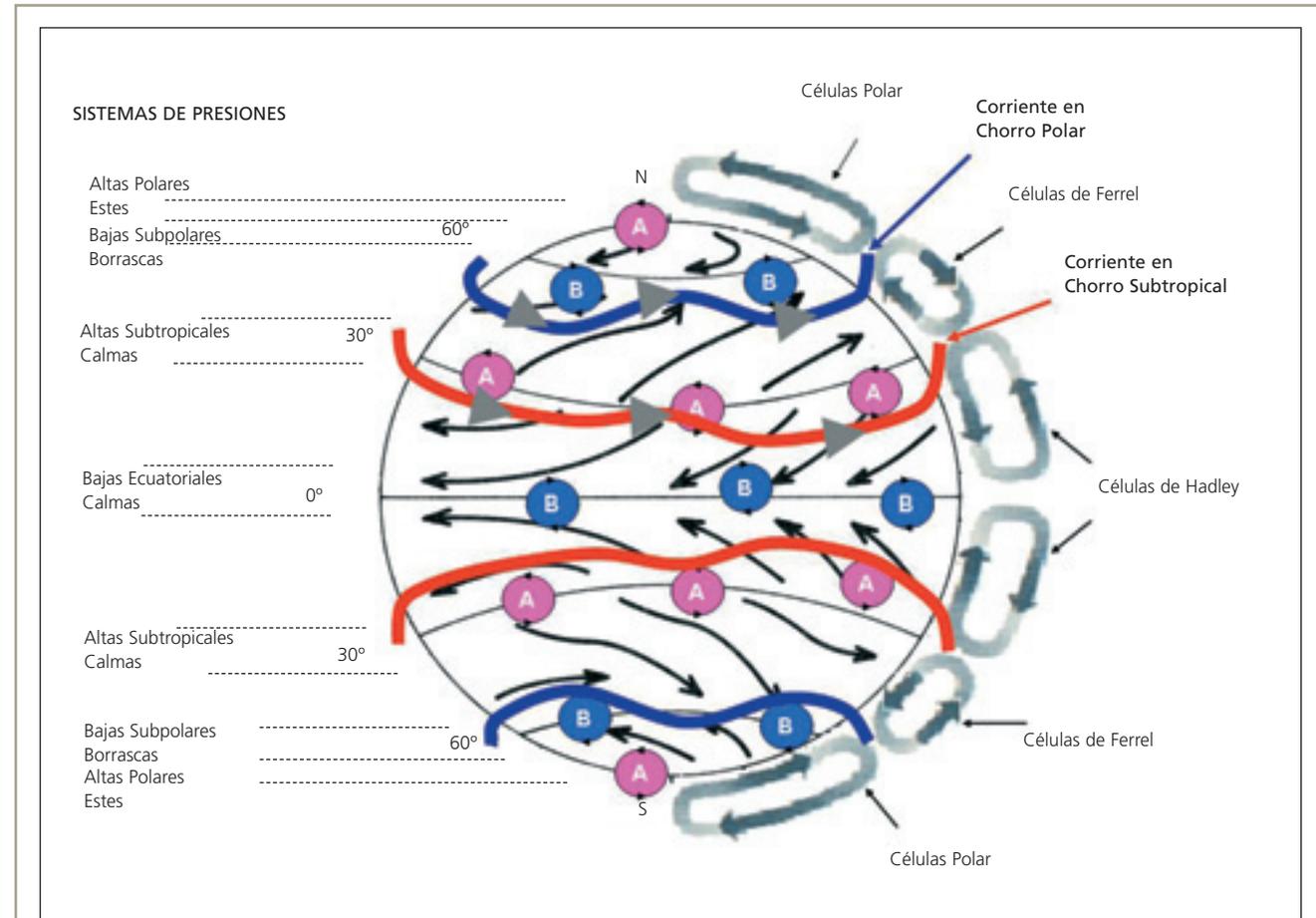


Figura 7.9. Distribución esquemática de los principales centros de acción que condicionan el movimiento de las masas de aire y el movimiento de las corrientes superficiales que, junto a las corrientes marinas profundas, permiten explicar la variación del clima a escala global.

derada y al mediodía (las 12:00 hora solar local), medido sobre el círculo de su órbita y considerando ángulos negativos antes del mediodía y positivos después del mediodía. A este respecto, el sol se mueve a una velocidad de 15° por hora (resultado de dividir 360° por 24 horas) y el valor máximo de altura solar y de radiación potencial sobre un plano horizontal se produce al mediodía, alcanzando el valor cero al ocaso y al amanecer.

ESCALA REGIONAL

Componentes de variación

Aunque dentro de cada zona latitudinal la radiación potencial es homogénea, se producen diferencias intrazonales debidas a la dinámica atmosférica, a que la distribución de los mares y de los continentes no es igual en todas las zonas y a su desigual

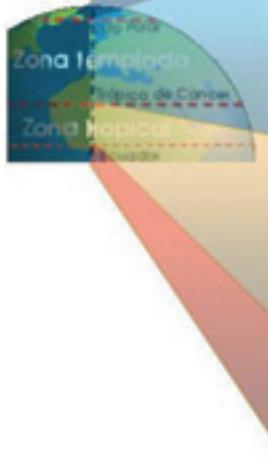
comportamiento térmico, a la variación de la nubosidad y del albedo y al comportamiento azonal de los centros de actividad.

Dinámica atmosférica

En las zonas próximas al ecuador, en las cuales la radiación es más intensa y la temperatura alcanza valores más elevados durante la mayor parte del año, el aire caliente asciende a la vez que se enfría, produciéndose en superficie zonas de bajas presiones (borrascas), mientras que en la parte alta de la troposfera se acumula el aire relativamente frío formándose zonas de alta presión, desde las cuales el aire se desplaza hacia latitudes más altas, pero en lugar de seguir los meridianos se desvían hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur debido a la fuerza de Coriolis, presentando los vientos una componente SO en el hemisferio norte y una componente NO en el hemisferio sur. Además, debido a que durante su ascenso y desplazamiento en altura el aire se enfría, aumenta su densidad motivando que en torno a los 30° de latitud inicie su descenso a la vez que se calienta, provocando la acumulación de aire cálido en la superficie de esas latitudes que forman las "altas presiones subtropicales" (figura 7.9).

Desde los centros de altas presiones subtropicales el aire caliente y seco se desplaza hacia los polos con componente SE en el hemisferio norte y NE en el hemisferio sur, y hacia el ecuador con componente NE en el hemisferio norte y SE en el hemisferio sur configurando el sistema de vientos alisios de ambos hemisferios que convergen en la zona de convergencia intertropical (ZCIT), situada un poco más al norte del ecuador en verano y un poco más al sur en invierno, alimentando el flujo ascendente de aire caliente de la zona ecuatorial, cerrando el ciclo que constituye la célula de Hadley (figura 7.9).

En torno a los polos, se acumula aire frío que se desplaza hacia los trópicos con componente NE en el hemisferio norte y componente SE en el hemisferio sur, si bien su avance se ve interrumpido al encontrarse con el aire cálido que fluye desde las altas presiones subtropicales hacia los polos sin que se mezclen, quedando separadas la masa de aire frío y cálido por una superficie que se conoce como "frente polar". Además, en determina-



ORIGEN DE LA MASA DE AIRE			CARACTERÍSTICAS		
Zona latitudinal	Medio	Clave	Generales	Temp. media (°C)	Hum. Abs. (g/m³)
ÁRTICA (A)	Continental o polar	(A)	Muy frío y seco	-46	0,1
	Continental	(cP)	Frío y seco	-11	1,4
TEMPLADA (P)	Marítimo	(mP)	Frío y húmedo	4	4
	Continental	(cT)	Cálido y seco	24	11
TROPICAL (T)	Marítimo	(mT)	Cálido y húmedo	24	17
	Continental o marítimo	(E)	Cálido y húmedo	28	19

Figura 7.10. Clasificación de las masas de aire en función de sus características de temperatura y humedad que dependen del lugar donde se originan y condicionan su estabilidad. Las características de las masas de aire desempeñan un papel clave en la determinación del tiempo, del clima y del paisaje de las zonas afectadas.

das zonas, la masa de aire frío y pesado actúa como una cuña elevando el aire caliente y ligero, que al ascender origina que se forme en superficie una zona de baja presión que gira en el sentido inverso a las agujas del reloj en el hemisferio norte con un frente frío y un frente cálido en los que se producen precipitaciones. Estas borrascas se desprenden del frente polar, siendo desplazadas por los vientos del oeste, alcanzando las zonas oeste de

los continentes y llegando incluso a Canarias. Estas borrascas finalmente se ocluyen cuando el frente frío alcanza al cálido, ascendiendo el aire cálido a la vez que se enfría, contribuyendo a alimentar el flujo de aire polar descendente que forma la zona de "altas presiones polares" situado en cada polo cerrando la "célula de circulación polar" que es más baja y que se encuentra menos diferenciada que la célula de Hadley (figura 7.9).

En las zonas de contacto entre las células de Hadley y de Ferrel, y en las zonas de contacto entre la célula de Ferrel y la célula polar, discurren en altura (a unos 10.000 m) corrientes relativamente estrechas de componente oeste que se conoce como "corrientes en chorro subtropical" y "corrientes en chorro polar" respectivamente que siguen un flujo zonal, si bien presentan importantes oscilaciones latitudinales asociadas a los desplazamientos de los anticiclones y de las borrascas en las zonas templadas.

Centros de acción

Resultado de la dinámica atmosférica se forman sobre la superficie terrestre una serie de altas presiones (anticiclones) en las que en superficie el aire es divergente y gira en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en sentido inverso en el hemisferio sur, y una serie de bajas presiones (borrascas) en las cuales el aire es convergente en superficie y gira en sentido opuesto a los anticiclones, que constituyen en conjunto lo que se conoce como "centros de acción" zonales estrechamente relacionados con las corrientes en chorro.

Los centros de acción referidos no permanecen fijos, sino que se desplazan conjuntamente con las corrientes en chorro y la zona de convergencia intertropical (ZCIT) hacia el sur durante el invierno en el hemisferio norte como consecuencia del aumento de la presión del aire frío del vórtice polar ártico, y hacia el norte durante el verano al aumentar la presión del vórtice polar austral y retraerse el vértice ártico. Lo mismo ocurre en el hemisferio sur durante el invierno y el verano austral.

El carácter circular de los centros de acción, unido al giro de los vientos en torno a ellos y a su desplazamiento nortesur que condiciona la dirección y naturaleza del viento que llega a cada zona, contribuye a que existan diferencias meteorológicas y climáticas dentro de cada zona.

Distribución de los mares y de los continentes

Debido a la desigual distribución y comportamiento térmico de los mares y de los continentes, dentro de cada zona se producen diferencias intrazonales en el balance de radiación moti-

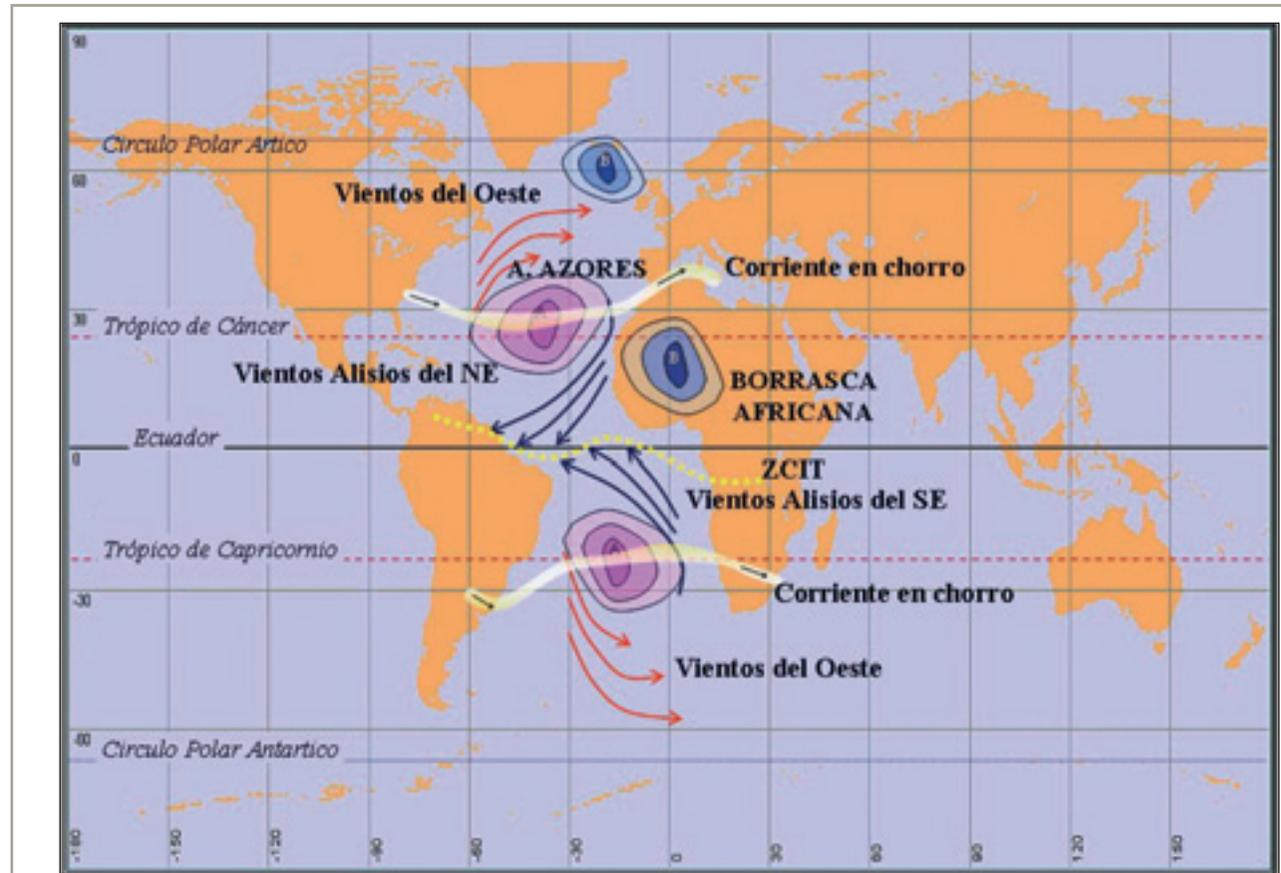


Figura 7.11. Posición del Anticiclón de las Azores y de la corriente en chorro. Ambos se desplazan hacia el norte en el período cálido aumentando las situaciones de tiempo sur y alisio, y hacia el sur durante el periodo frío posibilitando el acceso de las borrascas del oeste y el aire frío del norte, que desempeña un papel determinante en el clima de Canarias.

vando la aparición de "centros de acción no zonales" como la borrasca que se forma sobre el Sahara, que condiciona los vientos dominantes en Canarias durante ciertos periodos.

En la figura 7.10 se han clasificado las masas de aire en función del carácter marítimo (m) o continental (c), y de su origen ártico (A), tropical (T) o ecuatorial (E), que condicionan su temperatura y humedad. En esta clasificación se ha seguido la tradición de calificar de polares a las masas de aire frío aunque no

procedan de los polos sino de la zona templada, y de tropicales a las masas de aire cálido aunque no procedan de los trópicos, mientras que las masas de aire frío de Siberia que proceden de zonas muy próximas a los polos se califican de árticas. Al combinar las categorías referidas se obtienen las siguientes clases: aire ártico (A), aire polar continental (cP), aire polar marítimo (mP), aire tropical continental (cT), aire tropical marítimo (mT) y aire ecuatorial (E).

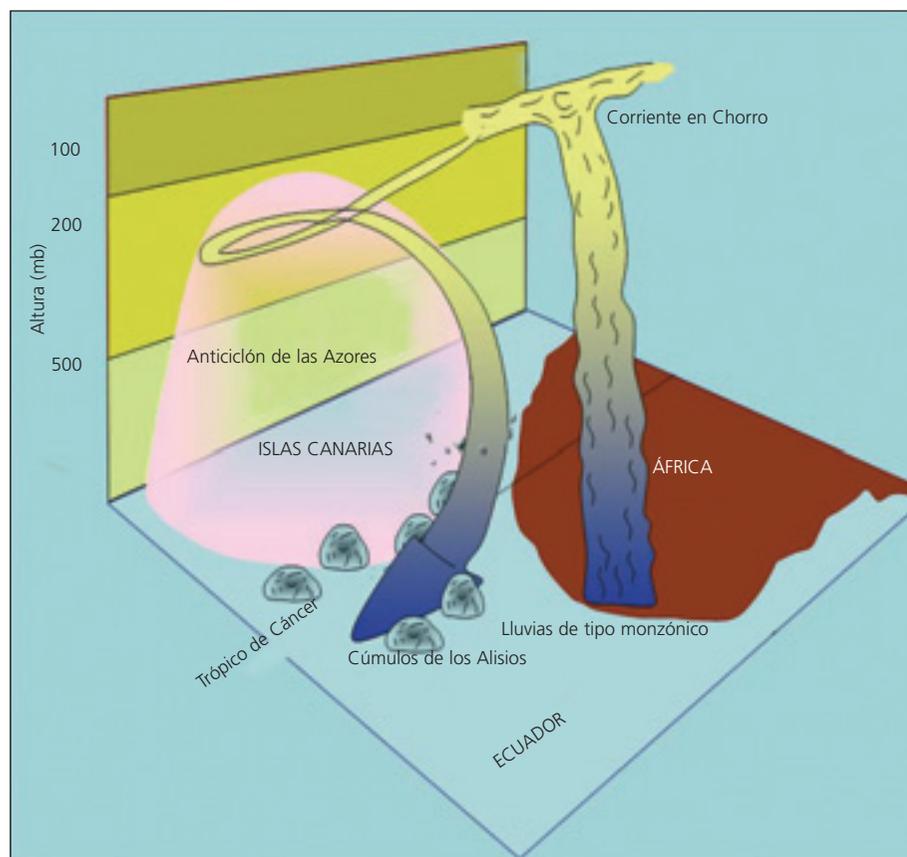


Figura 7.12. Posición del Anticiclón de las Azores y de la corriente en chorro. Ambos se desplazan hacia el norte en el período cálido aumentando las situaciones de tiempo sur y alisio, y hacia el sur durante el periodo frío posibilitando el acceso de las borrascas del oeste y el aire frío del norte, que desempeña un papel determinante en el clima de Canarias.

Como consecuencia del desplazamiento de los centros de acción, a lo largo del año una región se ve afectada por masas de aire seco y cálido cuando los vientos proceden de zonas continentales áridas (cT), por masas de aire húmedo y cálido (mT) cuando los vientos proceden de áreas marítimas ecuatoriales,

por aire frío y húmedo cuando procede de la zona marítima templada (mP), o por aire frío y seco cuando procede de Siberia, de la cuenca ártica o del Canadá septentrional (cP).

Las zonas orientales y occidentales de los continentes, están expuestas a diferentes sistemas de vientos que acentúan las

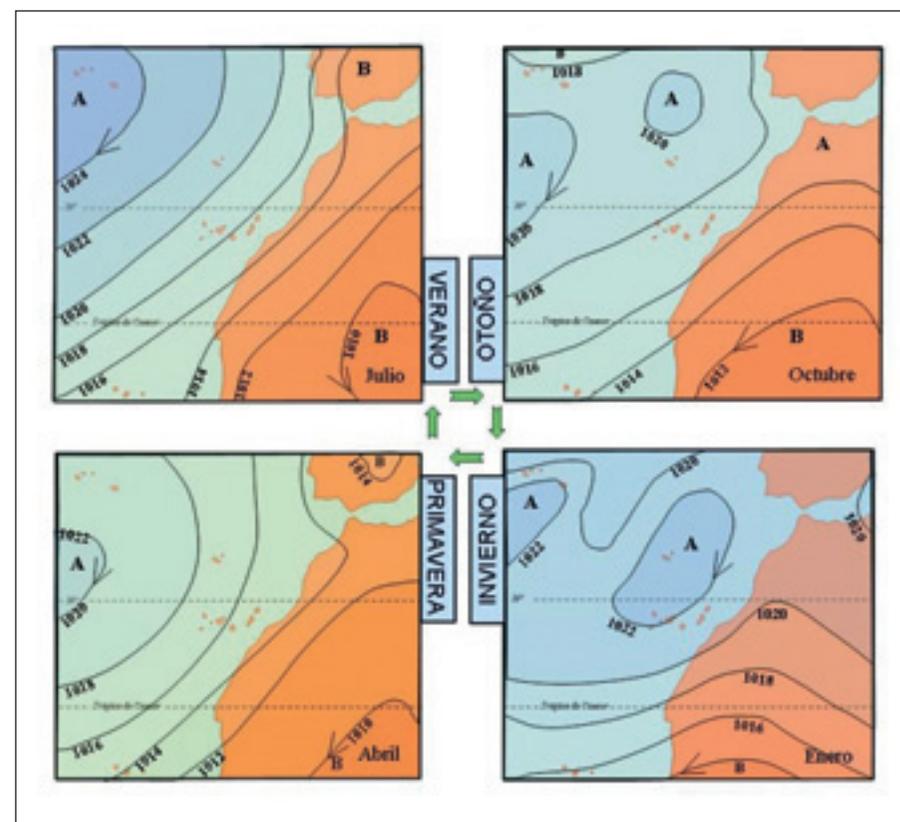


Figura 7.13. Variación de los centros de acción en la región de Canarias a lo largo del año. En julio el anticiclón de las Azores se sitúa por encima de los 30° de latitud N y se encuentra bien definido; en octubre pierde fuerza a la vez que baja en latitud y comienzan a dibujarse algunos núcleos de altas presiones de origen polar, proceso que se acentúa en enero, posibilitando el acceso de las borrascas pero a partir de abril el anticiclón de las Azores comienza a ascender y a adquirir fuerza evolucionando hacia la situación del verano. Reelaborado de Font Tullot (1956).

diferencias intrazonales. Así, los márgenes occidentales de los continentes situados en la zona templada presentan características específicas, que llevan a diferenciar un clima regional específico como el clima mediterráneo en la que se encuadra Canarias; si bien, debido a su carácter archipelágico y a su posición subtro-

pical, se diferencia de otras zonas mediterráneas y se le caracteriza como clima mediterráneo subtropical.

ESCALA SUBREGIONAL O ARCHIPIELÁGICA. TIPOS DE TIEMPO EN CANARIAS

Importancia del anticiclón de las Azores en Canarias

El tiempo de Canarias, como el de cualquier otra zona, depende de la distribución de los centros de acción a lo largo del año (situaciones sinópticas) que condicionan el origen, la naturaleza y la estabilidad de las masas de aire. A este respecto, en el caso de Canarias resulta especialmente significativo el anticiclón de las Azores pues condiciona la actuación de otros centros de acción.

El anticiclón de las Azores es una zona de altas presiones subtropicales desde cuyo flanco occidental soplan vientos de componente SO que empujan hacia Europa las borrascas que se desprenden del frente polar, mientras que desde su flanco oriental soplan los vientos alisios de componente NE que convergen en la zona de convergencia intertropical (ZCIT), como se aprecia en la figura 7.11. Aunque el anticiclón recibe ese nombre porque se localiza con cierta frecuencia sobre las islas Azores su posición varía durante el año. Durante el periodo frío (finales otoño, invierno y principio de la primavera) se desplaza hacia el sur al reforzarse el vórtice polar ártico, posibilitando que accedan a Canarias las borrascas atlánticas; mientras que durante el periodo cálido (finales primavera, verano y principios de otoño) al aumentar la radiación y replegarse el aire frío del vórtice polar, se desplaza hacia el norte cerrando el anticiclón el acceso a Canarias de las borrascas del oeste y el aire frío del norte, mientras que aumenta la frecuencia e intensidad de los vientos alisios del NE y se deja paso libre a los vientos del sur.

A este respecto, los alisios aumentan su intensidad cuando se refuerza el anticiclón de las Azores y se establece una borrasca térmica no zonal sobre África como consecuencia del calentamiento de la superficie del desierto del Sahara durante el periodo cálido. A su vez, los desplazamientos del anticiclón están ligados a las oscilaciones que experimenta la corriente en chorro

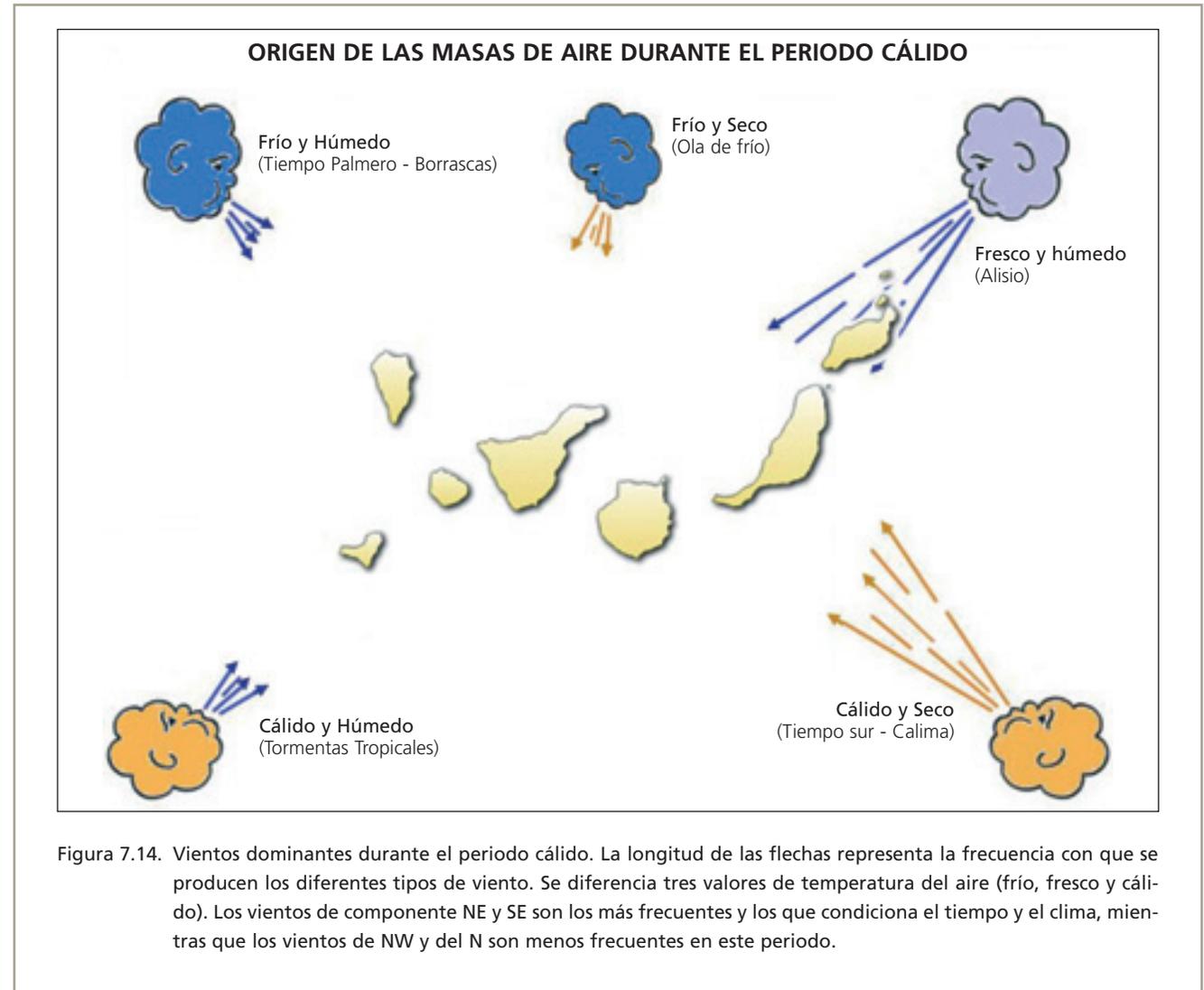


Figura 7.14. Vientos dominantes durante el periodo cálido. La longitud de las flechas representa la frecuencia con que se producen los diferentes tipos de viento. Se diferencia tres valores de temperatura del aire (frío, fresco y cálido). Los vientos de componente NE y SE son los más frecuentes y los que condiciona el tiempo y el clima, mientras que los vientos de NW y del N son menos frecuentes en este periodo.

subtropical, tal como se puede ver en la figura 7.12 que muestra la relación entre la corriente en chorro y el anticiclón de las Azores.

El desplazamiento del anticiclón de las Azores posibilita que en Canarias incidan diferentes situaciones sinópticas a lo largo del año que condicionan la variación del tiempo atmosférico y

que se esquematizan en la figura 7.13. En ella se aprecia que, durante el verano, el anticiclón aparece bien definido sobre las Azores, alcanzando más de 1024 mb, mientras que sobre el Sahara se forma una borrasca térmica. Ambos centros de acción favorecen el flujo de los alisios del NE, que es el tiempo atmosférico más frecuente de Canarias, al menos durante el verano. Sin

embargo, durante el otoño el anticiclón de las Azores se debilita a la vez que se desplaza hacia el sur, disminuyendo la intensidad del alisio, proceso que se acentúa durante el invierno, cuando las borrascas atlánticas y los temporales del norte alcanzan Canarias con mayor frecuencia. En primavera se inicia la evolución hacia la situación del verano aunque las borrascas atlánticas siguen accediendo a Canarias.

Principales tipos de tiempo en Canarias

Como primera aproximación se pueden diferenciar los tipos de tiempo más frecuente durante el periodo cálido y durante el periodo frío. Durante el periodo cálido, el anticiclón se sitúa al norte de Canarias y aumenta la frecuencia de los alisios y de los vientos de componente sur, como se esquematiza en la figura 7.14, en la que la longitud de las flechas indicativas de los vientos de cada dirección es proporcional a su frecuencia. Los vientos alisios del NE aportan aire fresco y húmedo a la vez que aumenta la frecuencia del viento de componente sur cálido, seco y con calima.

La variación de la zona afectada por los alisios se ha representado en la figura 7.15, apreciándose que su área de influencia se extiende hacia el norte durante el verano afectando a Canarias, mientras que durante el invierno el área de influencia se desplaza hacia el sur afectando a Canarias con menor frecuencia. Durante el verano, con cierta frecuencia, el alisio es sustituido por aire seco y cálido procedente del desierto africano que arrastra polvo del desierto en suspensión reduciendo la visibilidad (calima), y que se conoce como "tiempo sur". En su recorrido hacia Canarias las capas inferiores de este aire procedente del desierto se enfrían al entrar en contacto con el agua del mar mientras que las capas superiores mantienen su elevada temperatura produciéndose una inversión térmica que se inicia desde la superficie del suelo. El polvo en suspensión y las elevadas temperaturas que acompañan a esta situación atmosférica afectan negativamente a los cultivos y a la población, especialmente en Santa Cruz, ya que las emisiones de la refinería no ascienden, sino que permanecen próximas al suelo debido a la inversión. Las Islas Canarias también puede verse afectadas por el aire cálido

DISTRIBUCIÓN ZONAL DE LOS VIENTOS ALISIOS Y DE LAS CALMAS ECUATORIALES

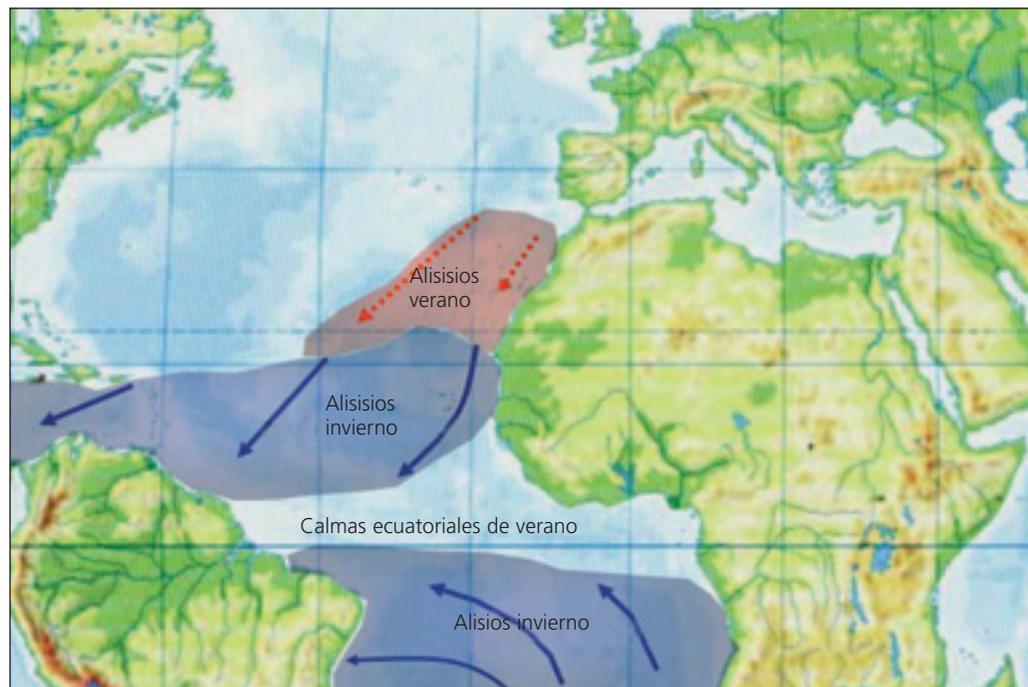


Figura 7.15. La zona afectada por los alisios durante el verano asciende más al norte durante el periodo cálido al desplazarse el anticiclón de las Azores también hacia el norte posibilitando que las islas Canarias se vean afectadas por los alisios con más frecuencia que durante el invierno. Reelaborado de Barry y Chorly (1986).

do y húmedo de componente SO, aunque esta situación sólo se produce de forma muy ocasional.

Durante el periodo frío el anticiclón de las Azores se desplaza hacia el sur y las islas se ven afectadas con menor frecuencia por el alisio a la vez que aumenta la frecuencia de las borrascas atlánticas de componente NO, de los vientos fríos y secos de origen ártico (Siberiano) y de los vientos marítimos y fríos de com-

ponente NO de origen polar que, si encuentran sobre Canarias aire cálido y húmedo, aumentan la inestabilidad de la atmósfera y provocan importantes precipitaciones (figura 7.16).

En realidad, no existe una relación unívoca entre periodos y tipos de tiempo, sino que la relación es estadística, viéndose afectada la frecuencia con la que se producen diferentes tipos de tiempo en cada periodo. En la tabla 7.1 se ha representado la

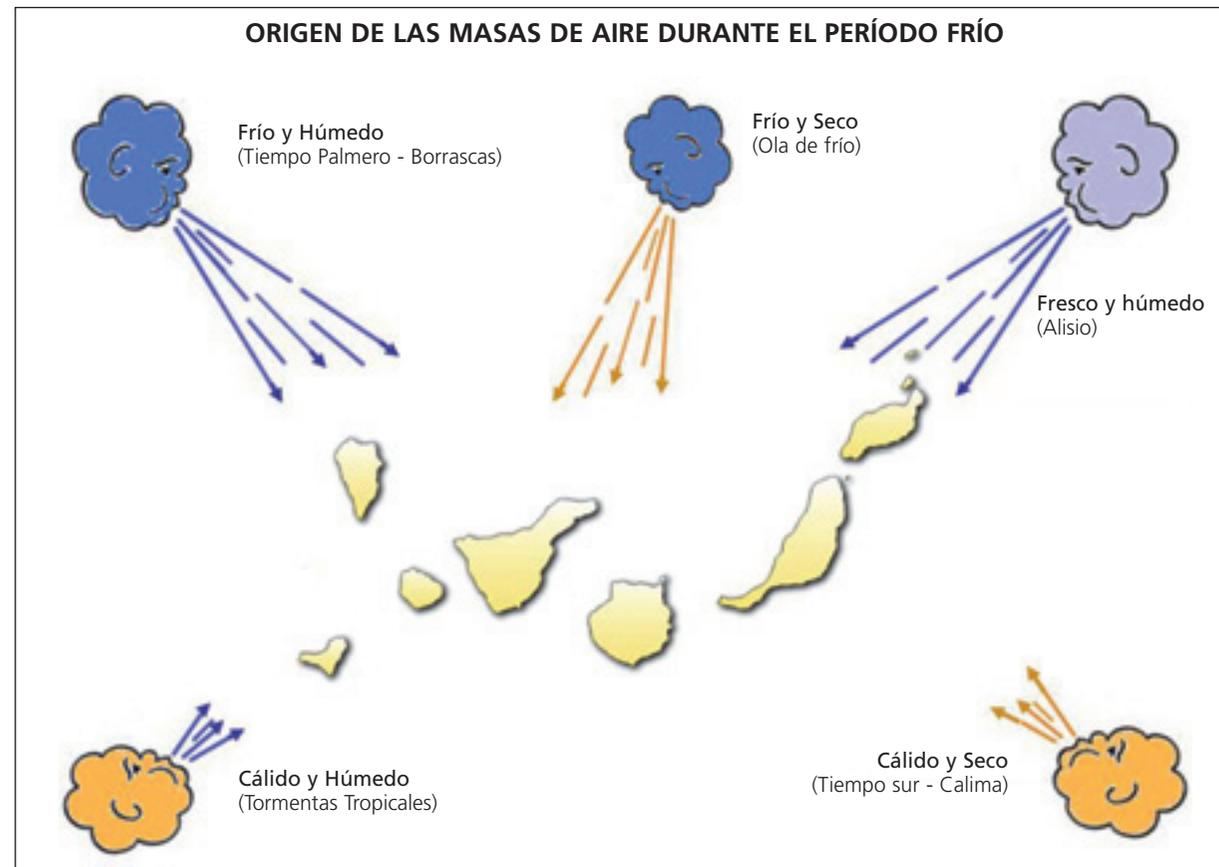


Figura 7.16. Vientos dominantes durante el periodo frío. La frecuencia con la que sopla el aire de cada dirección es proporcional a la longitud de las flechas. Al dominar los vientos de componente N en detrimento de los vientos de componente S, varía la naturaleza de las masas de aire que acceden a Canarias durante este periodo.

frecuencia mensual de los diferentes tipos de tiempos que afectan a Canarias, las situaciones sinópticas asociadas, la estructura y estabilidad de la atmósfera y las características climáticas que dan lugar, pudiéndose constatar que el alisio es el más frecuente durante todo el año, aunque durante el verano es dominante; también se puede apreciar que el tiempo sur no se produce sólo durante el verano, sino también, aunque con menor fre-

cuencia, durante el periodo frío y que las tormentas tropicales afectan a Canarias sólo ocasionalmente.

Variación interinsular

Aunque toda Canarias se ve afectada por condiciones comunes en cuanto a situaciones sinópticas, procedencia de los vientos y naturaleza de las masas de aire, hay que constatar que exis-

ten diferencias entre islas en función de su distancia al continente, debido a la corriente fría de Canarias, a la elevación y forma de las islas, así como al albedo que tiene cada una en función de su tipología geológica y cobertura vegetal, que contribuyen a que cada isla presente características climáticas específicas que dan lugar a una gran variación interinsular.

ESCALA INSULAR

Carácter y componentes de la variación intrainsular

La variación a escala insular se refiere a la variación climática que se produce dentro de cada isla o variación intrainsular. La cual se puede descomponer en un componente de variación ligado a la altitud, otro ligado a la orientación y un componente de variación local.

El componente de variación ligado a la elevación del terreno viene definido por el gradiente altitudinal de carácter vectorial, si bien se pueden detectar discontinuidades ligadas a las inversiones térmicas en cuyo caso se diferencian unidades de variación en forma de mosaico. El componente de variación ligado a la orientación se describe definiendo sectores con diferente orientación respecto al sol y en función de su exposición a los vientos dominantes (fachadas a barlovento y sotavento). Estos sectores se caracterizan por presentar diferentes gradientes de variación de la temperatura y de la precipitación en función de la altitud, así como por el efecto de la topografía sobre la radiación. Por último, la variación local se produce dentro de cada sector en función de condiciones fisiográficas específicas.

Variación relacionada con la altitud

La variación altitudinal depende de la topografía y de la estructura de la parte baja de la atmósfera (troposfera).

En la troposfera la presión y la temperatura disminuyen con la altura siguiendo la temperatura un gradiente vertical de $0,7^{\circ}\text{C}$ cada 100 m de aumento lineal con la altitud. Sin embargo, este gradiente vertical de temperatura se ve alterado por la presencia de inversiones térmicas que se identifican porque la temperatura aumenta con la altura hasta cierta cota en lugar de disminuir,

como es lo habitual. Lo cual tiene una gran trascendencia, pues impide que el aire de las capas inferiores pueda ascender, dado que para que el aire ascienda se precisa que el aire del entorno sea más frío. Por ello se dice que las inversiones confieren estabilidad a la atmósfera ya que dificultan los movimientos verticales del aire impidiendo de esta forma que se produzcan precipitaciones.

Sobre las Islas Canarias se produce una inversión térmica a una altura variable ligada a los vientos alisios que permite diferenciar una capa de aire húmedo por debajo de la inversión y una capa superior de aire seco por encima de la inversión (figura 7.17). En la capa inferior húmeda dominan los vientos alisios, que al alcanzar las laderas situadas a barlovento se ven impulsados a ascender disminuyendo su temperatura a la vez que aumentan la humedad relativa, de manera que al alcanzar el nivel de condensación se inicia la formación de nubes, hasta alcanzar el límite inferior de la capa de inversión donde cesa el ascenso formándose una capa de estratocúmulos con límites bien definidos, que recibe el nombre de "mar de nubes" a tenor de su aspecto brillante y liso cuando se observa desde las cumbres, mientras que visto desde abajo recibe el calificativo de "panza de burro".

El mar de nubes produce escasas precipitaciones debido a la gran estabilidad de la atmósfera propiciada por la inversión. Sólo cuando se produce un flujo continuo de nubes sobre una superficie cubierta de vegetación (árboles, arbustos) las gotas de agua de las nubes se agregan y se depositan sobre la vegetación dando lugar al fenómeno que se conoce como "precipitación horizontal", que puede llegar a producir localmente un volumen de agua varias veces superior al producido por la precipitación normal. Además, el mar de nubes tiene una gran influencia sobre la vegetación y sobre los cultivos al reducir la radiación y por lo tanto el estrés hídrico que sufren las plantas (particularmente crítico durante el verano), y evitando la mineralización de los suelos de modo que la zonas de vegetación situadas por debajo del mar de nubes experimentan un desarrollo mayor que en el caso de no producirse el mar de nubes a la vez que en las zonas en contacto con el mar de nubes se crea un ambiente

TIPO DE TIEMPO	FRECUENCIA CUALITATIVA							CARACTERÍSTICAS								
	ANUAL	MENSUAL						SITUACIÓN SINÓPTICA	ESTRUCTURA ATMOSFÉRICA	CLIMÁTICAS						
		E	F	M	A	M	J				J	A	S	O	N	D
DOMINIO DE LOS ALISIOS	MUY ALTA													El anticiclón de las Azores se desplaza hacia el norte y Canarias queda en su borde inferior. Se refuerza si existe una borrasca térmica en el Sahara.	Se diferencian dos capas separadas por una inversión térmica en altura. Alta estabilidad.	Vientos superficiales del NE. Vientos de NW en altura. Lluvia horizontal.
INVASIÓN DE AIRE CALIENTE AFRICANO	MEDIA													El anticiclón de las Azores se desplaza hacia el norte y la baja presión superficial de África se desplaza hacia el oeste.	Inversión de la temperatura desde la superficie. Estabilidad muy alta.	Viento superficial E-SE ó NE. Viento en altura del E-SE. Polvo en suspensión. Inversiones térmicas desde el nivel del mar.
IRRUPCIÓN DE AIRE POLAR/MARÍTIMO	ALTA													En el frente frío se produce una advección de aire frío polar o marítimo. La corriente en chorro se sitúa al oeste de las Islas.	Se rompe la inversión térmica generándose inestabilidad atmosférica.	Viento superficial y en altura NW. Descenso muy acusado de temperatura a partir de los 1500 o 2000 m. Precipitaciones de carácter convectivo.
DEPRESIONES FRÍAS	MEDIA													El índice zonal es bajo, los vientos zonales del oeste se fragmentan en células pudiendo dirigirse hacia el SE y establecerse entre Madeira y Canarias una depresión de aire polar frío.	Si la depresión alcanza la superficie se rompe la inversión térmica y se produce inestabilidad y grandes lluvias.	Viento superficial del S y del W en altura. Descenso de temperatura en las partes altas de las islas. Lluvias intensas.
ONDA EN LA CORRIENTE DEL ESTE	BAJA													Se refuerzan los anticiclones continentales (al NW de África sobre la Península) y se debilita el anticiclón del Atlántico.	Se establece una corriente del E-SE que puede producir perturbaciones ondulatorias.	Calima, lluvias fangosas y, a veces, grandes diluvios. Los temporales más fuertes de lluvia. Vientos del E-SE, sobre todo en altura.
DEPRESIÓN DEL FRENTE INTERTROPICAL	MUY BAJA													Depresiones asociadas al frente intertropical.	Inestabilidad.	Precipitación moderada. Viento del S-SW superficial y en altura.

Tabla 7.1. Frecuencia de las diferentes situaciones sinópticas que condicionan el tiempo en Canarias. Elaboración propia a partir de datos de Font Tullot (1956).

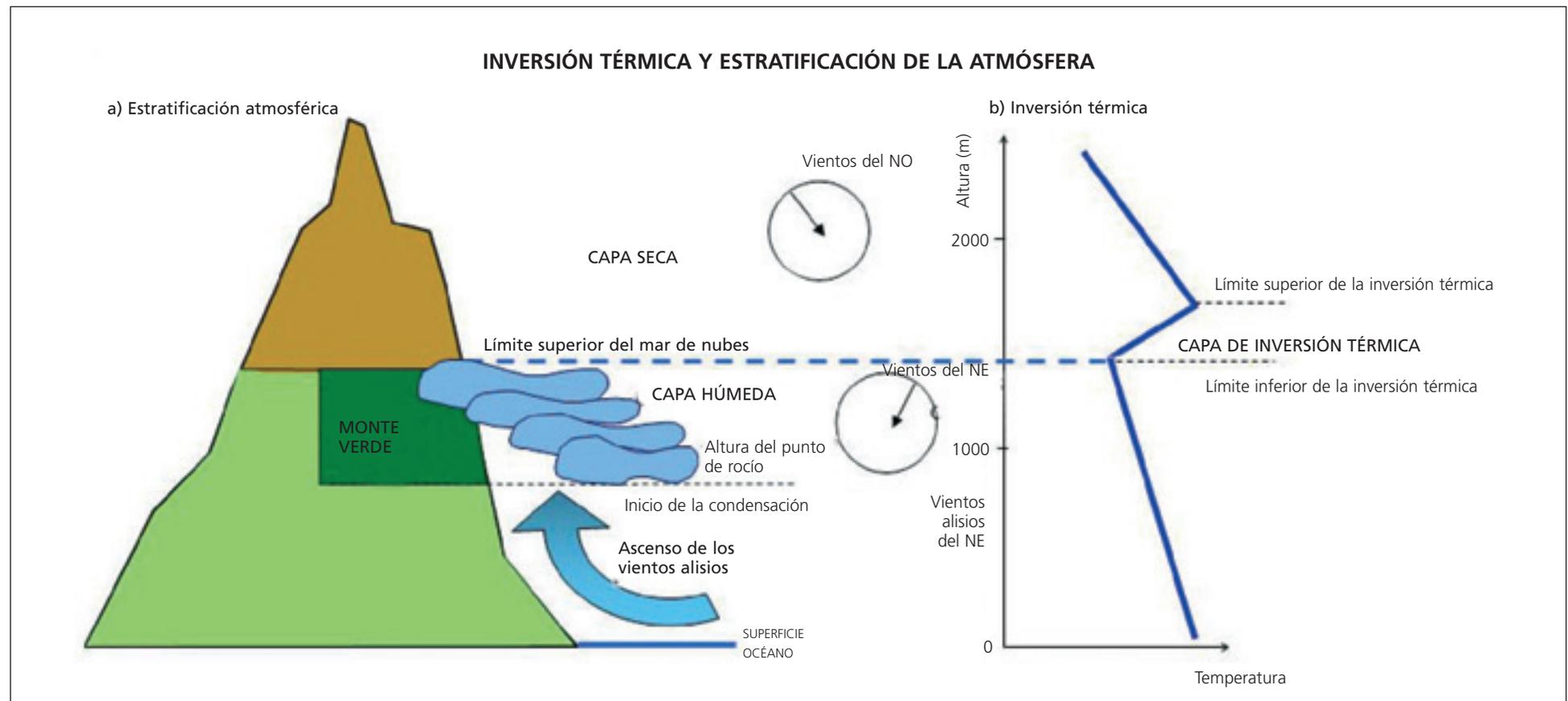


Figura 7.17. Estratificación de la atmósfera como consecuencia de la inversión térmica ligada al alisio. Se especifica la variación de la altitud media a la que se sitúa la capa inferior de la inversión térmica que sin embargo varía a lo largo del año.

húmedo y próximo a la saturación (100% de humedad relativa) en el que se puede desarrollar una vegetación de "monte verde".

La altura de la capa de inversión asociada al alisio no permanece constante, sino que varía a lo largo del año, afectando a la distribución de la vegetación. En la figura 7.18 se describe la variación del límite inferior de la inversión a lo largo del año elaborada

a partir de los datos de Font Tullot sobre la altura de la parte superior del "mar de nubes", en el que se muestra que la altitud a la que se sitúa la inversión es menor durante el verano, aumentando durante el invierno, el otoño y la primavera al verse reforzada la capa húmeda por la irrupción de aire polar marítimo.

La variación de la altitud de la inversión condiciona el grosor de la capa húmeda del aire y la variación altitudinal del mar de

nubes, que influyen a su vez sobre la nubosidad, sobre la radiación y sobre los fenómenos locales de precipitación horizontal.

Efecto de la nubosidad

Para evaluar el efecto de la nubosidad se utilizan los datos sobre nubosidad recogidos por las estaciones meteorológicas y la información que suministran los satélites meteorológicos.

EFECTO DE LA VARIACIÓN DE LA ALTITUD DE LA INVERSIÓN TÉRMICA A LO LARGO DEL AÑO SOBRE LA HUMEDAD DE LA ATMÓSFERA

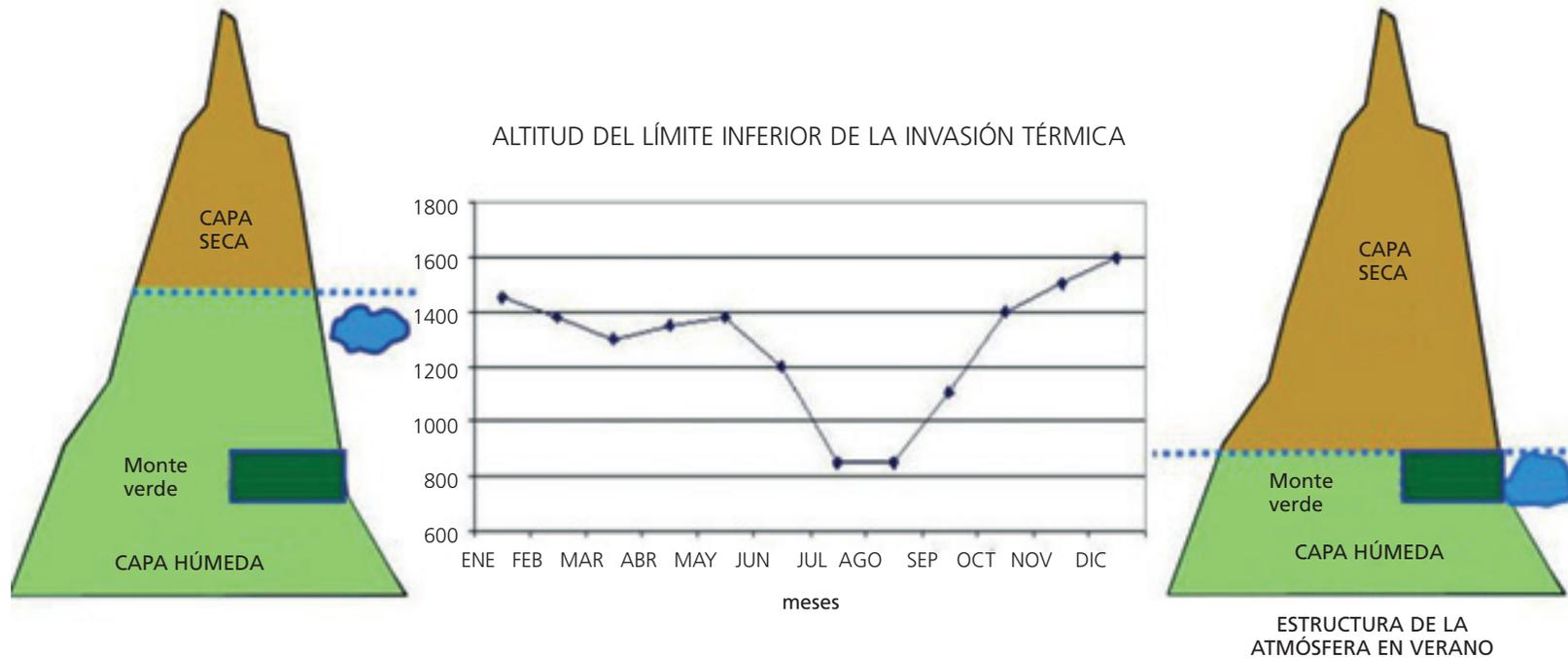


Figura 7.18. Efecto de la variación de la altitud de la inversión térmica a lo largo del año sobre el grosor de la capa húmeda de la atmósfera.

La "radiación potencial" es función exclusiva de la latitud, del día del año y de la hora. Sin embargo, la "radiación real" o "radiación efectiva" necesita considerar también la nubosidad y las obstrucciones producidas por la topografía del terreno.

En la figura 7.19 se compara el balance de radiación de una zona con baja nubosidad con otra de elevada nubosidad. Durante el día la radiación es más alta y las temperaturas más elevadas en las zonas con baja nubosidad debido a que las

nubes reflejan la radiación. Sin embargo, por la noche sucede a la inversa, debido a que las nubes dificultan en gran medida la pérdida hacia el espacio exterior del flujo de la radiación térmica emitida por la superficie terrestre. Consiguientemente, puesto que las temperaturas disminuyen durante el día y aumentan durante la noche en las zonas con nubes, la oscilación diaria de la temperatura es menor en las zonas con nubes produciéndose un efecto amortiguador de la amplitud diaria de las temperatu-

ras equivalente al que produce una masa de agua debido a su elevada capacidad calorífica. Además, aunque las nubes contribuyen al efecto invernadero, globalmente parece que contribuyen a que disminuya la temperatura.

Variación entre estaciones debido a las obstrucciones

La radiación se ve condicionada no sólo por la nubosidad sino también por otros elementos que obstruyen el flujo de la

radiación solar directa reduciendo las horas potenciales de sol, pudiendo intervenir elementos naturales del relieve, la vegetación o edificios que reducen el soleamiento potencial a escala local.

Hasta ahora se ha considerado el movimiento de la Tierra y del Sol tal como se percibe desde el exterior (figura 7.7). Sin embargo, para estimar el efecto de las obstrucciones resulta más práctico considerar el "movimiento aparente del sol" sobre el horizonte, lo que permite hacernos una idea mejor de la interacción de diferentes obstáculos sobre el soleamiento que recibe una superficie a lo largo del día.

En la figura 7.20 se considera que el sol se mueve sobre el horizonte a lo largo del día describiendo una trayectoria sobre la bóveda celeste en la que su posición aparente queda definida por la altura (ángulo sobre el horizonte) y el acimut (ángulo horizontal respecto al sur), alcanzándose la altitud máxima al mediodía, si bien el valor concreto depende de la época del año, siendo máximo durante el solsticio de verano cuando también el día es más largo y mínimo durante el solsticio de invierno, que es cuando el día es más corto, mientras que durante los equinoccios el sol sale por el este y se pone por el oeste, siendo iguales las horas de día que de noche. Sin embargo, fuera de los solsticios y los equinoccios, la descripción de la órbita solar es más compleja, siendo preciso utilizar expresiones matemáticas muy complejas para su cálculo en función de la latitud, de la época del año y del momento del día. Afortunadamente es posible describir el movimiento aparente del sol gráficamente utilizando cartas solares estereográficas y cartas cilíndricas elaboradas para cada latitud que permiten conocer la posición del sol a lo largo del día para diferentes fechas (meses).

Las cartas estereográficas representan el recorrido aparente del sol sobre una bóveda celeste esférica proyectando el recorrido sobre el plano (figura 7.20), ofreciendo una visión muy útil para el análisis del soleamiento de los edificios a partir de un mapa en planta.

Las cartas solares cilíndricas también representan el recorrido aparente del sol sobre la bóveda celeste, pero proyectando el recorrido del sol sobre un cilindro que rodea al observador (figu-

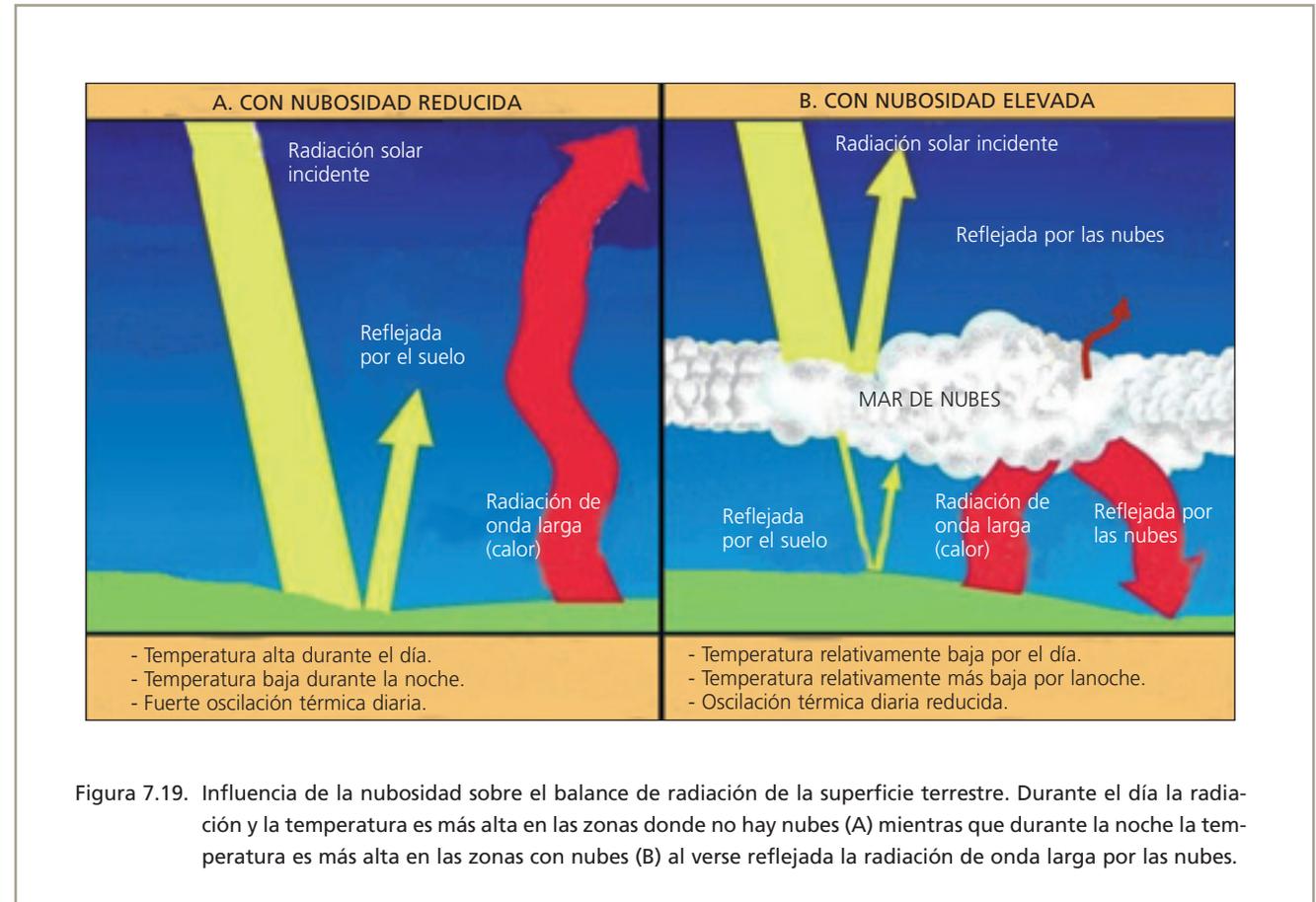


Figura 7.19. Influencia de la nubosidad sobre el balance de radiación de la superficie terrestre. Durante el día la radiación y la temperatura es más alta en las zonas donde no hay nubes (A) mientras que durante la noche la temperatura es más alta en las zonas con nubes (B) al verse reflejada la radiación de onda larga por las nubes.

ra 7.21) y proporcionando una representación plana especialmente práctica para determinar cómo afectan las obstrucciones del relieve o de los edificios al soleamiento.

A partir de las cartas solares elaborada para una determinada latitud se puede calcular la hora teórica de salida y de puesta del sol sobre el horizonte, la altura del sol hora a hora, las horas de sol en el caso de no existir nubes ("horas de sol potenciales"), y el efecto sobre el soleamiento debido a las obstrucciones naturales del terreno o por la presencia de obstrucciones artificiales como las que producen las paredes verticales de un edificio.

En la figura 7.22 se describe la variación de la altura del sol sobre el horizonte para una latitud media de Canarias (28°N), apreciándose que durante el solsticio de verano es máxima la altura solar y la duración potencial del día, mientras que durante el solsticio de invierno la altura solar y la duración del día alcanza un valor mínimo.

Para calcular la radiación solar real no basta el valor de la radiación potencial sino que se requiere tener en cuenta el efecto de la nubosidad y de las obstrucciones producidas por la topografía, lo que motiva que los valores de soleamiento reales sean inferiores a los potenciales, aunque habría que sumar el efecto

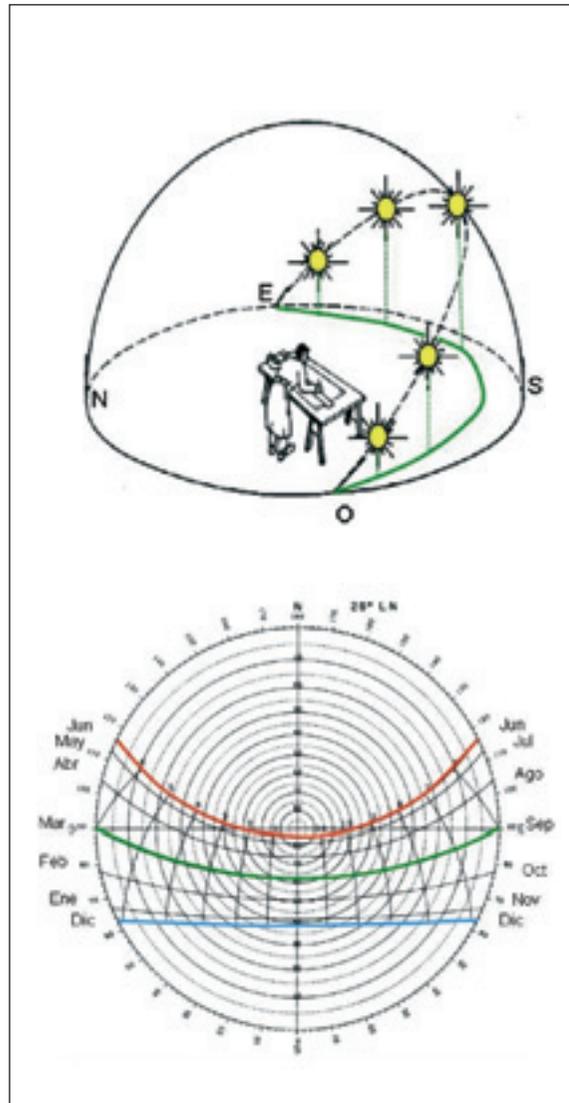


Figura 7.20. Carta solar estereográfica elaborada para los 28° N, que corresponde a la latitud media de Canarias. Se obtiene proyectando sobre el plano del horizonte el recorrido sobre una bóveda celeste esférica. La carta se ha tomado de E. G. Arrollo.

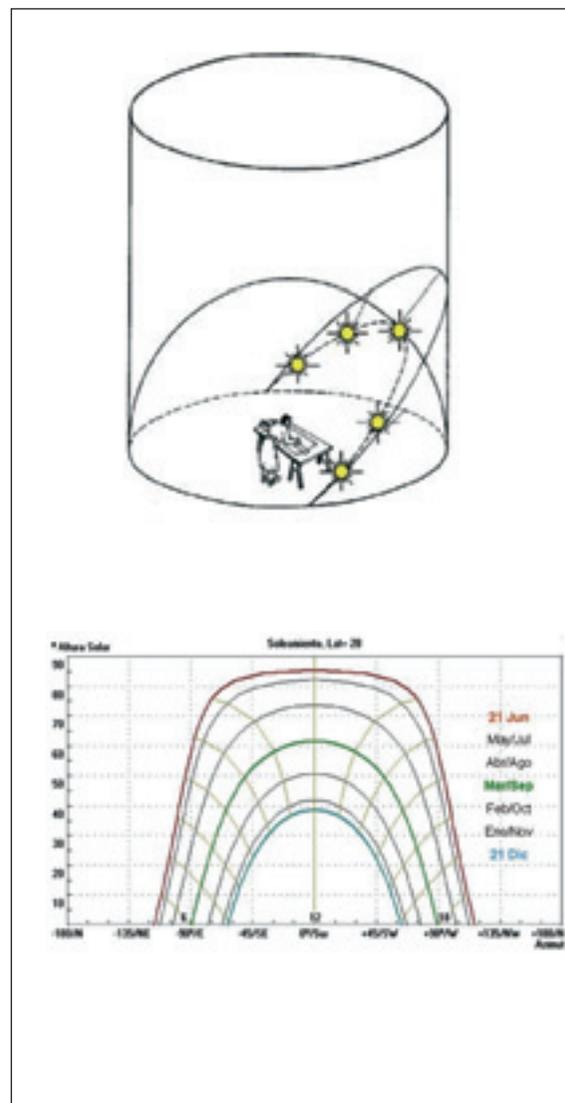


Figura 7.21. Carta solar estereográfica cilíndrica para una latitud de 28° N, que corresponde a la latitud media de Canarias. La carta se obtiene proyectando sobre un cilindro el recorrido aparente del sol sobre la bóveda celeste. La carta se ha tomado de M. M. Monroy.

de la radiación difusa y la radiación reflejada. A este respecto, las cartas solares cilíndricas permiten estimar el efecto de la obstrucción producida por el relieve u otros elementos como se describe en la figura 7.23.

Para aproximarnos a la insolación real se precisaría tener en cuenta también la nubosidad. En la figura 7.24 se representa la variación de la insolación potencial directa y de la insolación real (que incluye el efecto de las nubes y de las obstrucciones), apreciándose una clara diferencia que depende de las condiciones de nubosidad y de la topografía de cada lugar.

Como consecuencia del efecto combinado de las nubes y de las obstrucciones causadas por la topografía, la radiación real difiere considerablemente de la radiación potencial.

Finalmente, se debería incorporar el efecto de la radiación difusa y reflejada, que precisa ser considerada a una escala más detallada como es la escala microclimática.

ESCALA MICROCLIMÁTICA

Componentes de variación

La información considerada en las escalas macroclimática y mesoclimática permite caracterizar de forma general el hábitat de los organismos y del hombre en términos de probabilidad, pero para determinados objetivos concretos resulta poco precisa, siendo necesario incorporar información a escala microclimática, que pese a que suele recoger cambios locales y de poca magnitud, pueden ser muy significativos debido a la proximidad a los organismos.

A escala microclimática conviene diferenciar entre la magnitud de los cambios de los parámetros físicos, la magnitud de los efectos directos y la magnitud de los efectos indirectos acumulativos sobre los organismos que, por otro lado, dependen de sus características morfológicas y fisiológicas. Además, los organismos no son sólo elementos pasivos del clima sino que pueden modificar los factores físicos locales y globales, habiendo sido responsables de la producción de todo el oxígeno que existe en la atmósfera y en el mar, de los carbonatos depositados sobre la superficie terrestre y en los fondos marinos, y también de la pro-

Figura 7.22.

Variación de la altura solar a lo largo del día para una latitud de 28° N, que corresponde a la latitud media de Canarias. La altura del Sol representa el ángulo que forma la visual al Sol con el horizonte en grados.

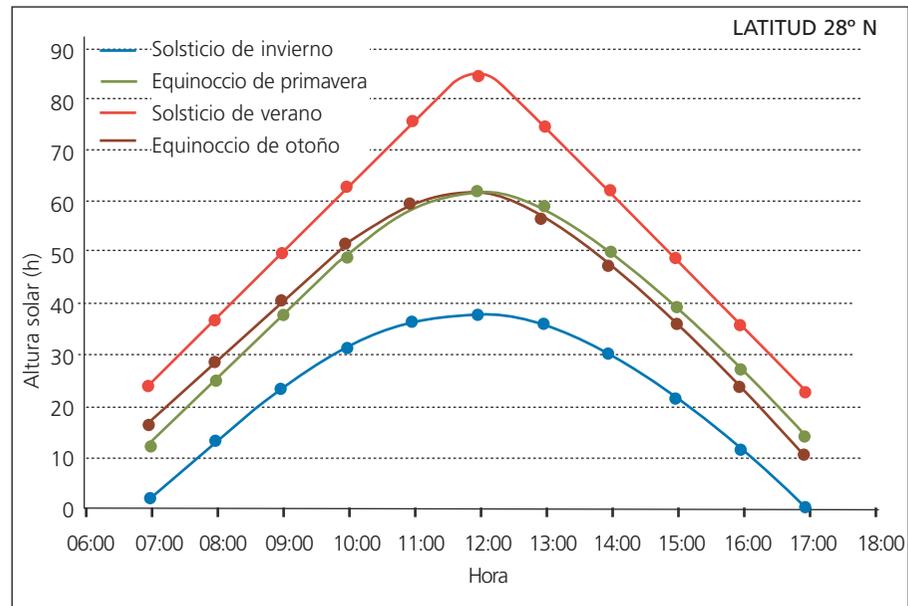
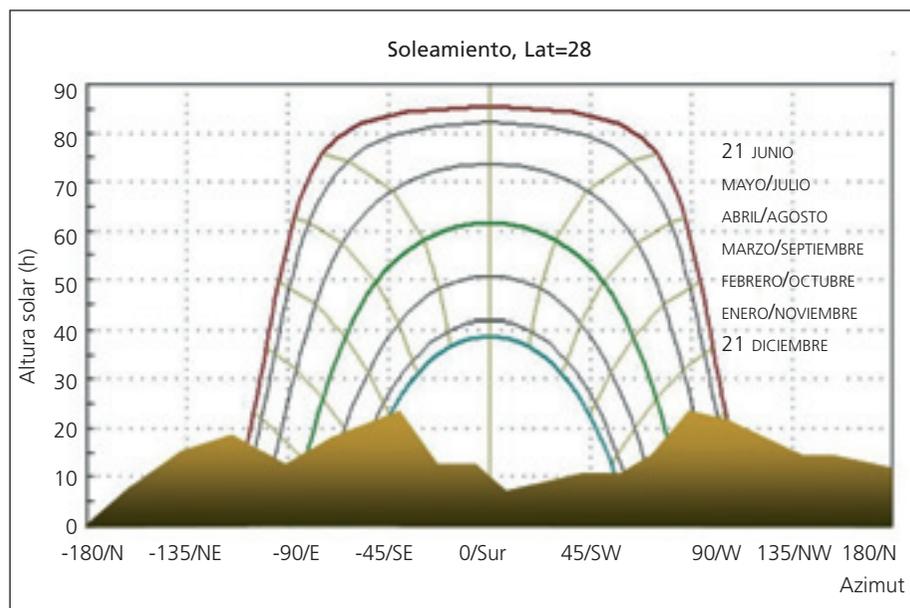


Figura 7.23.

La carta solar cilíndrica permite caracterizar el movimiento aparente del Sol en un lugar situado a cierta latitud para diferentes meses y horas del día, determinar el soleamiento potencial esperado en un terreno horizontal y evaluar el efecto de las obstrucciones que producen el relieve, la vegetación o las edificaciones.



ducción o eliminación de la atmósfera de gases de efecto invernadero, como el CO₂ y el metano, responsables de los cambios climáticos globales.

Efectos de los componentes naturales

Algunos elementos naturales, como puede ser la sombra de un árbol o una fila de árboles que protege del viento o el albedo del suelo determinan las condiciones microclimáticas a nivel local que, aunque pueden tener una magnitud poco importante, resultan fundamentales a la hora de precisar el "nicho térmico" de los organismos y el "confort térmico" del hombre. A su vez, estas condiciones no son absolutas, sino que dependen de las características de los organismos que experimentan cambios plásticos, genéticos y de comportamiento que les permiten adaptarse a las condiciones climáticas, incluida la construcción y la selección de refugios con unas condiciones microclimáticas que les permite adecuar el medio a las exigencias del nicho térmico, como por ejemplo hacen los gatos cuando se sitúan en los lugares frescos durante el verano y los más cálidos durante el invierno.

En la figura 7.25 se diferencian los diversos componentes naturales que condicionan el balance de radiación y la temperatura del cuerpo humano. Se considera por un lado, la radiación solar directa (2a), difusa (2b) y reflejada (2c), de la radiación solar reflejada hacia la atmósfera (5a) y hacia el entorno más próximos (5b). Por otro lado, la radiación térmica del suelo (2d), de las laderas (2e), la radiación térmica emitida hacia la atmósfera (2f), y por contacto con el aire que se encuentra a una temperatura superior que a la de la piel (3a) y viceversa (6a). Además, otros elementos condicionan el nicho térmico de los organismos y el confort térmico del hombre, como el calor latente que se puede recibir por condensación de agua sobre la superficie del cuerpo (4), y el calor perdido que se puede disipar por evaporación de agua durante la respiración (7a) y la evaporación del sudor sobre la superficie de la piel (7b). Estos componentes se especifican en la tabla 7.2, considerándose con más detalle su influencia sobre el confort térmico en el capítulo 9 y en la segunda parte del manual.

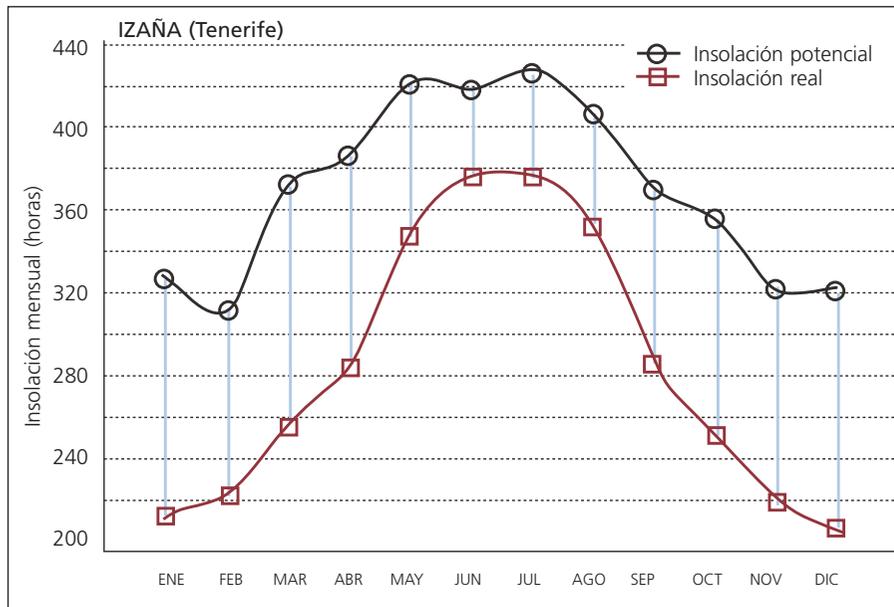


Figura 7.24.

Variación de la insolación mensual potencial calculada en función de la latitud y la época del año, y variación de la insolación real. Esta última representa un dato empírico que integra el efecto de la nubosidad y de las obstrucciones. Los datos sobre la insolación real fueron tomados en la estación de Izaña y corresponden al periodo 1972-2000.

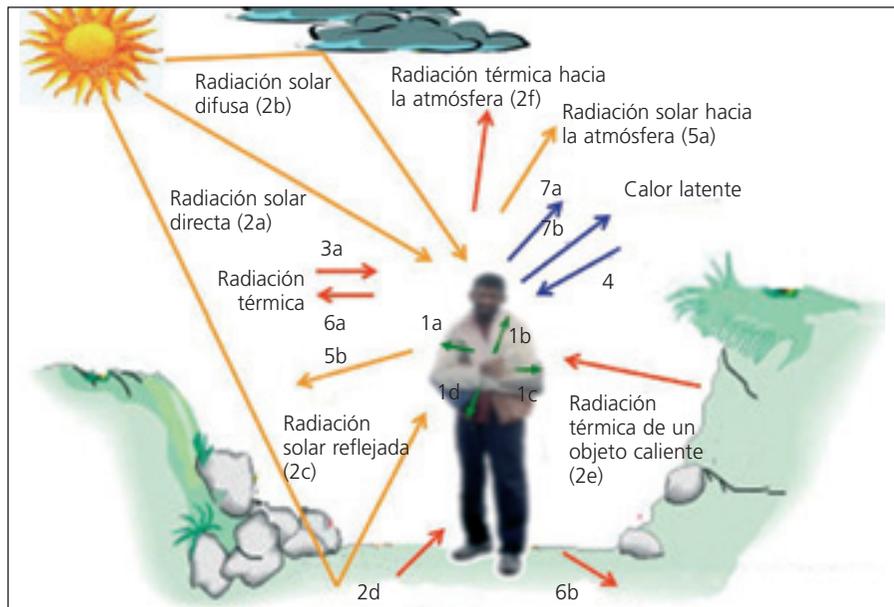


Figura 7.25.

Diferentes fuentes de radiación en la naturaleza. El significado de las combinaciones de números, letras y valores se especifica en la tabla 7.1.

En la figura 7.26 se analiza la correspondencia entre determinadas características de los antropomorfos cuadrúpedos, como los chimpancés, y de un homínido bípedo, con las condiciones de radiación del hábitat en él y la influencia que pudo tener en su evolución la diferenciación de un nicho o conjunto de condiciones de subsistencia resultado de las características del diseño de cada organismo a diferentes hábitat. A este respecto, el valor adaptativo del diseño cuadrúpedo de los antropomorfos es adecuado para vivir en el bosque tropical, mientras que el diseño bípedo de los homínidos resulta más adecuado para vivir en la sabana donde la radiación es mayor pues la posición bípeda facilita la refrigeración de la cabeza.

En base a la información expuesta, la aparición del bipedismo de los homínidos sería resultado de la transformación de los bosques en sabanas y del balance entre las ventajas derivadas del bipedismo como el uso de las manos, la ampliación del campo de visión y de la mejor refrigeración del cerebro frente a los efectos negativos tales como las dificultades en el parto y los problemas con la columna vertebral.

Efecto de los componentes antrópicos

El considerable aumento de la población humana ha contribuido a que los condicionantes microclimáticos, el nicho de los organismos y el confort térmico de la población no dependan solamente de elementos naturales sino que estén cada vez más condicionados por el efecto de elementos artificiales como muros, pavimentos o pérgolas, el tamaño y la tipología de las edificaciones y el tipo y cantidad de energía utilizada para mantener el confort térmico en las viviendas, que no sólo modifican las condiciones a escala local, sino que se proyectan a escala regional (área metropolitana) y global afectando indirectamente a las condiciones climáticas.

En la figura 7.27 se describe la contribución de diferentes elementos artificiales (una calzada, la pared de una vivienda, una ventana) sobre el balance de radiación y de calor de una persona que circula por la calle o que se encuentra en el inte-

rior de la vivienda. Por un lado, la calzada absorbe radiación solar, calentándose el asfalto hasta llegar a alcanzar los 60 °C, de modo que un peatón que paseara por ella vería afectado su confort térmico por la radiación térmica de la calzada y por el aire que asciende por convección. Por otro lado, en el interior de la vivienda, el confort térmico de una persona se vería afectado por el calentamiento de la pared y por el comportamiento térmico del cristal de la ventana. Al calentarse la pared se transmite el calor por conducción y convección, aumentando la temperatura de la habitación a la vez que la pared emite radiación térmica, que al ser recibida por la piel incrementa la sensación de calor, efecto que resulta desfavorable en verano y favorable en invierno. Por otro lado, el cristal permite el paso de una parte de la radiación solar, mientras que absorbe otra parte transformándola en calor, del cual parte se emite al exterior y otra al interior. A su vez, el cristal dificulta la transmisión de la radiación térmica del interior de la habitación al exterior por el “efecto invernadero”.

El comportamiento del efecto del muro y de la ventana está regido por las leyes físicas sobre la transmisión de calor por radiación, conducción, convección y evaporación. Además, habría que tener en cuenta el calor metabólico producido en el interior de los organismos homeotermos en cuya regulación intervienen procesos fisiológicos específicos de los organismos homeotermos, junto a la humedad relativa, el movimiento del aire, la actividad que se desarrolla, la indumentaria y las preferencias personales.

Para evaluar el confort térmico se precisa tener en cuenta múltiples factores, recurriéndose en la práctica a considerar los más significativos en cada caso y a integrarlos utilizando diagramas bioclimáticos, incorporándose otros factores si fuera preciso para los fines propuestos en los proyectos bioclimáticos. De los resultados se pueden deducir criterios cualitativos o cuantitativos orientados a mejorar la salubridad, el bienestar térmico y el rendimiento en el trabajo (enfoque ergonómico) más precisos con la mayor eficiencia energética posible.

		COMPONENTES DEL FLUJO	
		GANANCIAS	PÉRDIDAS
FLUJOS DE RADIACIÓN Y DE CALOR	METABÓLICO	<ul style="list-style-type: none"> • Metabolismo basal (1a) • Movilidad (1b) • Digestión (1c) • Tensión muscular y escalofríos (1d) 	
	RADIACIÓN SOLAR Y TÉRMICA	<ul style="list-style-type: none"> • Radiación solar directa (2a) • Radiación solar difusa (2b) • Radiación solar reflejada (2c) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hacia el espacio (5a) • Hacia el entorno (5b)
		<ul style="list-style-type: none"> • Objetos radiantes (2d) • Objetos calientes (2e) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hacia el espacio (2f)
	CONDUCCIÓN Y CONVECCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Por contacto con el aire a temperatura superior que la piel y viceversa (3a) • Por contacto con objetos calientes (3b) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aire impulsado por convección a temperatura inferior que la piel (6a). • Por contacto con objetos más fríos (6b)
CALOR LATENTE (Condensación y evaporación)	<ul style="list-style-type: none"> • Condensación de la humedad atmosférica (ocasional) (4) 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaporación por respiración (7a) • Evaporación sobre la piel (7b) 	

Tabla 7.2. Diferentes componentes que intervienen en el balance de radiación y de calor en el cuerpo del hombre, diferenciando los flujos y formas de transmisión y teniendo en cuenta las ganancias y las pérdidas.

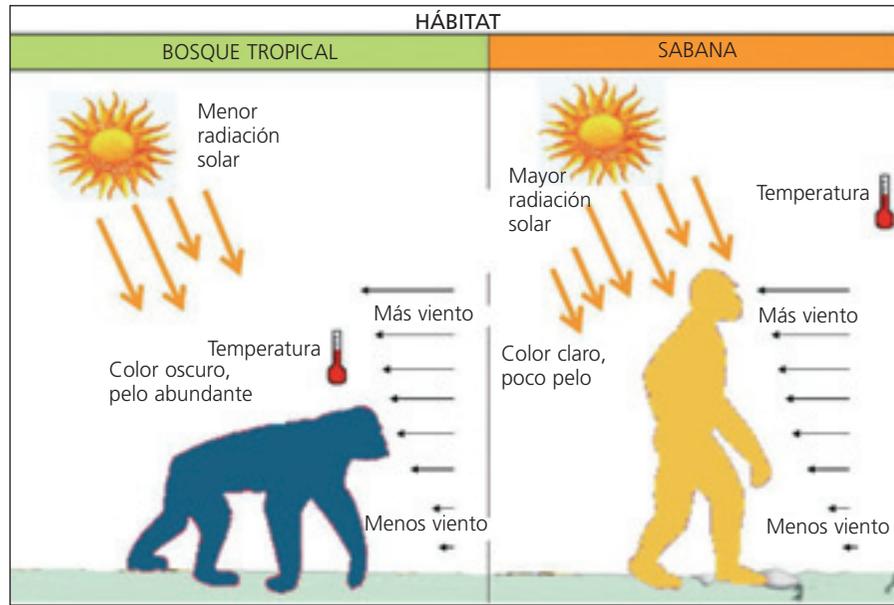


Figura 7.26.

La influencia del bipedismo sobre la regulación térmica de la cabeza puede haber sido uno de los factores que han contribuido a la evolución humana con motivo del aumento de aridez en África que supuso la transformación de los bosques de sabanas, ambiente en el cual el bipedismo representa una característica adaptativa al facilitar la refrigeración de la cabeza.

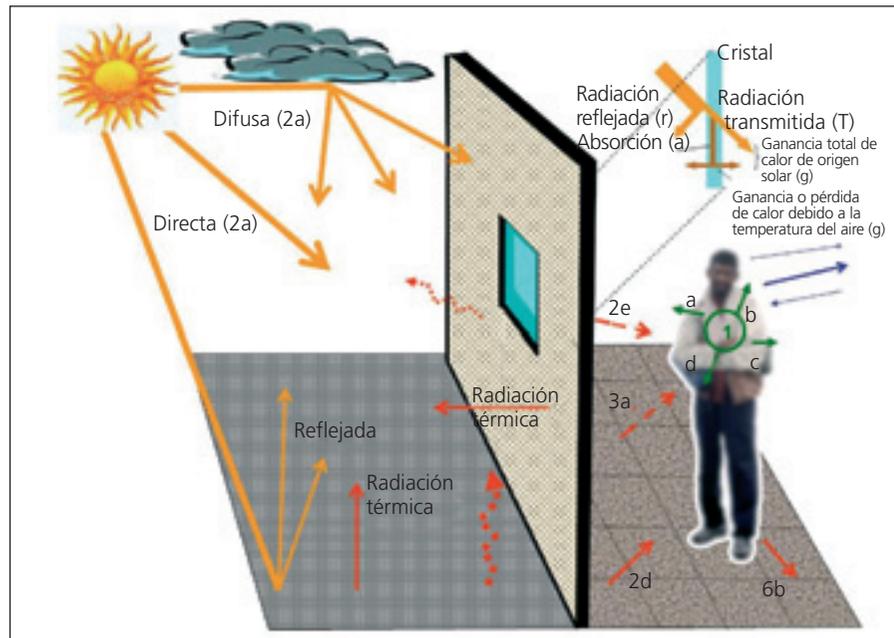


Figura 7.27.

Factores que condicionan el balance de radiación y de calor del hombre en el interior de los edificios y en su entorno exterior. El significado de las combinaciones de números, letras y colores se especifican en la tabla 7.2.

8. CONDICIONES CLIMÁTICAS GENERALES

J.P. de Nicolás Sevillano, F. Ferrer Ferrer, A. García Rodríguez

RESUMEN

Las características climáticas generales se refieren a los elementos climáticos convencionales y a su relación con la distribución, las adaptaciones y el crecimiento de las poblaciones, así como con el equilibrio ecológico, el desarrollo social, la calidad ambiental, el confort térmico y la sostenibilidad económica, contemplados desde una perspectiva sistémica comprensiva que, dado que resulta difícil de manejar y se precisa simplificar, se centra en la información significativa a diferentes escalas: global, zonal, regional, archipelágica, insular, local y microclimática.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS GENERALES

Naturaleza

Para definir los nichos climáticos adaptativos que condicionan la subsistencia de los organismos o las necesidades humanas en cuanto a confort térmico, es necesario configurar un sistema que describa a diferentes escalas espaciales las relaciones que se consideran más significativas entre las características generales del clima, los organismos en su medio natural y los seres humanos en su medio antrópico. Las características generales del clima se refieren a los valores medios de diferentes elementos climáticos como la temperatura media, máxima y mínima diaria, la precipitación, la humedad o el régimen de vientos. Los organismos, en condiciones naturales, presentan diferentes adaptaciones biológicas y determinados patrones de distribución espacial que conforman el "fenosistema", bajo el cual subyacen procesos ecológicos o "criptosistema". Los seres humanos han desarrollado diferentes formas culturales adaptadas a las condi-

ciones climáticas que se reflejan en el modo de cultivar la tierra, de vestirse o de diseñar las edificaciones donde vive.

Metodología

Para ofrecer una perspectiva comprensiva y manejable del clima de Canarias se recurre a diferenciar una red sistémica de relaciones significativas suficientemente representativas de la dinámica sistémica global, como se hace en la figura 8.1, que

permite definir una serie de componentes sobre la variación del clima y su influencia sobre los organismos y las actividades económicas (agricultura, turismo, arquitectura bioclimática etc.), a diferentes escalas.

Se trata de determinar la información climática general mediante variables y categorías que resultan significativas para la subsistencia de los organismos, para la población humana, para la economía y para la calidad de vida a diferentes escalas y

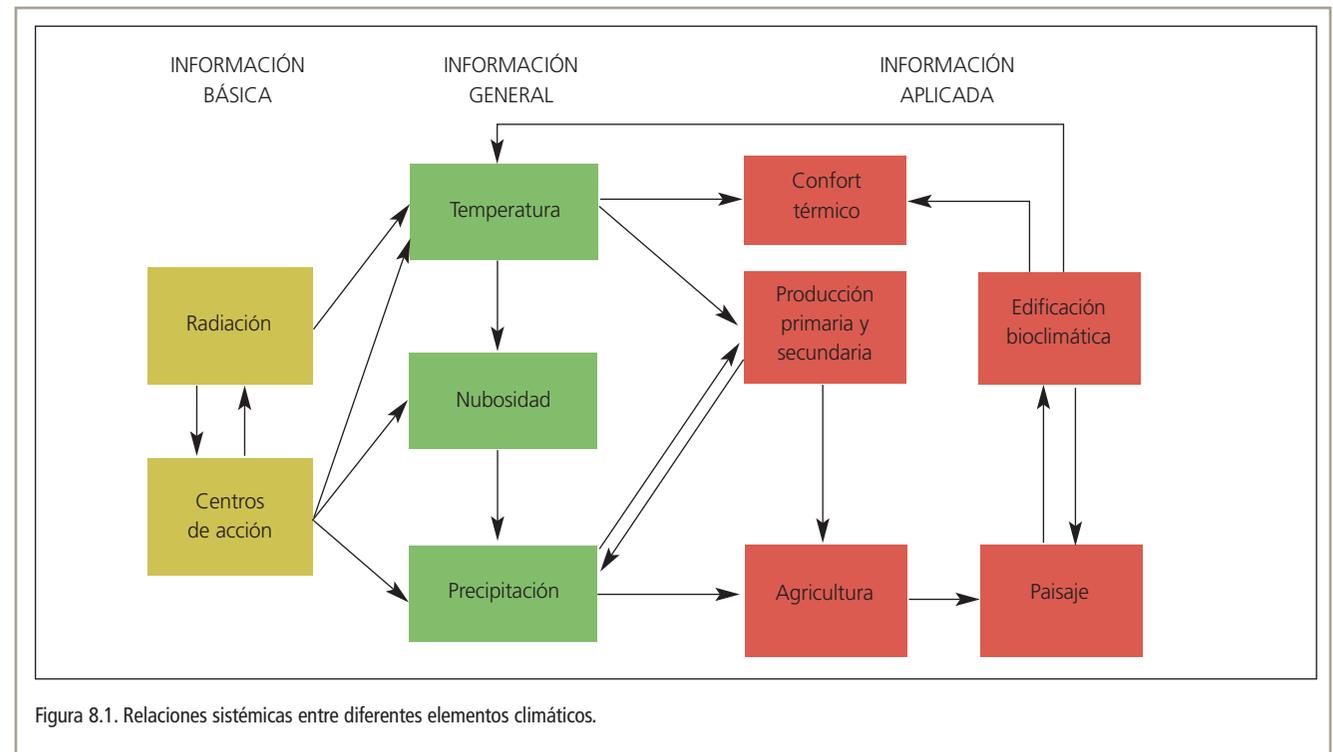


Figura 8.1. Relaciones sistémicas entre diferentes elementos climáticos.

que configuran nichos sostenibles que representan combinaciones de las categorías definidas para diferentes variables cuyo número varía en función de la complejidad de la situación. En los casos muy simples puede bastar con definir intervalos para ciertos componentes como la evapotranspiración en función de la precipitación, la temperatura, la humedad, la radiación o el viento, pudiéndose relacionar en forma de gráficos ombrotérmicos, como los propuestos por Walter, con la distribución y la respuesta adaptativa de los organismos. Algo similar se puede hacer para diseñar edificios adaptados al medio utilizando al respecto diagramas bioclimáticos simples.

Sin embargo, en el caso de problemas más complejos, como sucede en el caso de los ecosistemas urbanos de grandes ciudades se precisa asumir una perspectiva más comprensiva sobre el clima para garantizar el diseño bioclimático sostenible centrándose en los elementos antrópicos.

La información sistémica sobre el clima se describe a diferentes escalas (figura 8.2). La información climática general que se expone en este capítulo se puede expresar en función de la información climática básica (capítulo 7) y permite dar razón de la información climática aplicada para el diseño bioclimático y la gestión (capítulo 9).

Aunque se hace referencia a escalas espaciales significativas, cada una de ellas se asocia a una escala temporal más o menos amplia (diaria, mensual, anual, histórica y geológica). Así, la información global se asocia a escalas temporales amplias, mientras que la información a escala mesoclimática y microclimática se asocia a escalas temporales diarias u horarias.

INFORMACIÓN CLIMÁTICA A ESCALA GLOBAL

Temperatura media

La información climática a escala global se refiere a características climáticas medias para la totalidad del globo que nos permite compararlas con las características climáticas medias de otros planetas.

La Tierra es un planeta pequeño que gira en torno al Sol, una de las 100.000 millones de estrellas de la Vía Láctea, que a su

INFORMACIÓN CLIMÁTICA BÁSICA A DIFERENTES ESCALAS			
ESCALA	REPRESENTACIÓN	TIPO DE INFORMACIÓN	ILUSTRACIÓN
PLANETARIA (variación zonal)	TIERRA 	Variación zonal de la temperatura	TEMPERATURA MEDIA DE LA TIERRA
ZONAL (variación regional)	ZONA templada 	Clima templado	CLIMAS ZONALES
REGIONAL (variación subregional)	R. MEDITERRÁNEA 	Clima mediterráneo	CLIMODIAGRAMA MEDITERRANEO
ARCHIPELAGICA (variación interinsular)	CANARIAS 	Clima mediterráneo subtropical. Variación interinsular	ATMÓSFERA CANARIA
INSULAR (variación intrainisular)	TENERIFE 	Variación altitudinal de la temperatura y la precipitación	VARIACIÓN ALTITUDINAL TEMP. Y PRECIP.
MICROCLIMÁTICA NATURAL (variación intralocal)	MICROHABITAT NATURAL 	Variación a escala micro de la radiación, temperatura, humedad y brisas	VARIACIÓN MICROTEMP.
MICROCLIMÁTICA URBANA (variación antrópica)	VIVIENDA 	Variación a escala micro de la radiación, temperatura y humedad	VARIACIÓN MICROTEMP.

Figura 8.2. Información climática general significativa a diferentes escalas que es preciso considerar para lograr el bienestar climático en la edificación y en otras actividades con eficiencia energética.

vez representa una de las 100.000 millones de galaxias de que consta el Universo. Pero, pese a la pequeñez de la Tierra, en ella están representados todos los elementos que encontramos en el resto del Universo. De éstos, los seres vivos constituyen un elemento que hasta el momento no se ha encontrado en otros lugares.

La vida está asociada con dos elementos muy significativos: la presencia de agua y una temperatura media apropiada, que es

fruto del balance entre el calor obtenido por radiación solar (suma de la radiación solar directa y de la radiación reflejada), el calor emitido desde la superficie de la Tierra y el calor retenido en la atmósfera por los gases de efecto invernadero, sin los cuales la Tierra tendría una temperatura bajo cero (figura 8.3). Todo esto está condicionado por el tamaño del planeta, la distancia al Sol, los movimientos de rotación y traslación de la Tierra y la intensidad de la actividad humana.

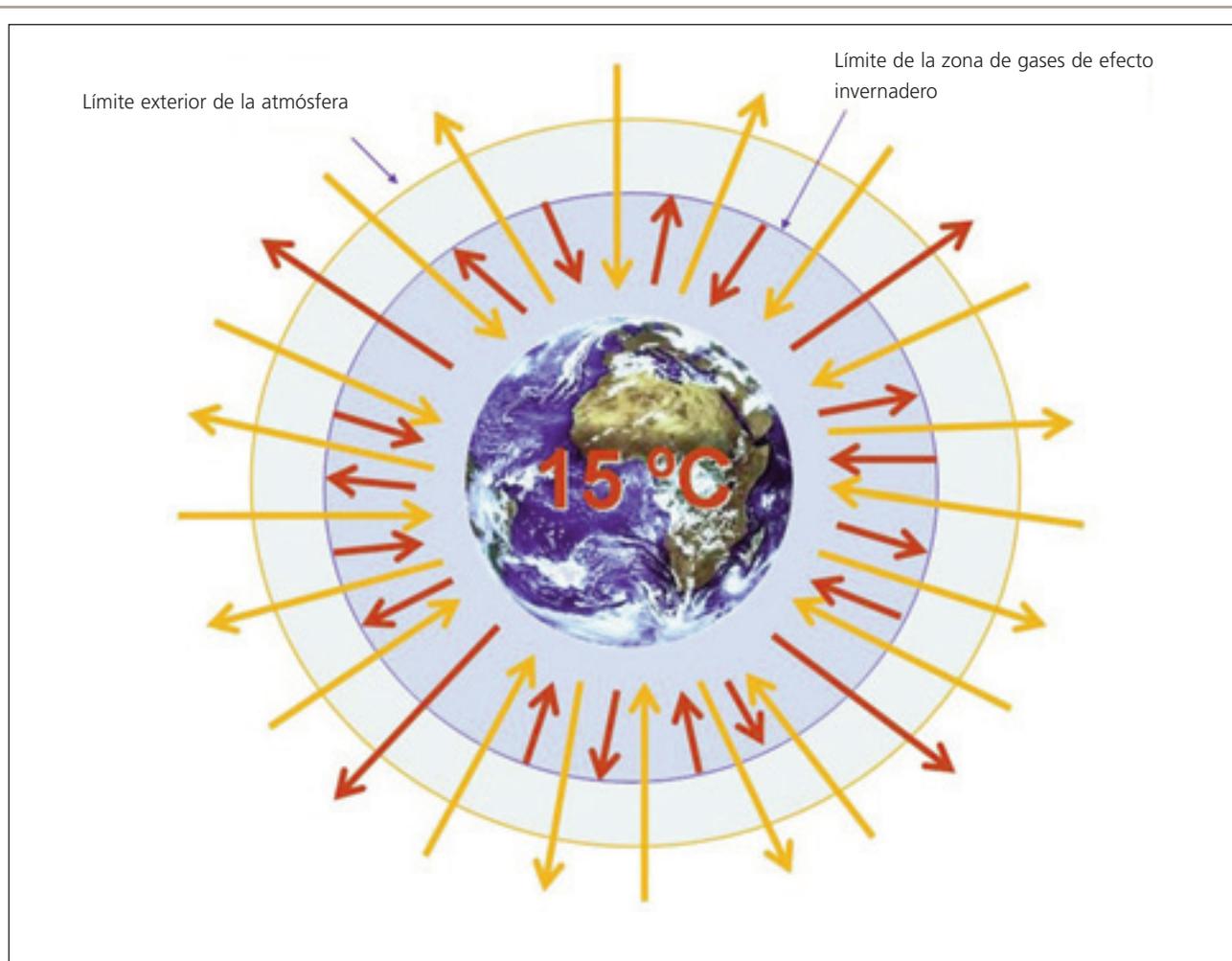


Figura 8.3. La temperatura media de 15 °C que tiene la Tierra es resultado de la intervención de los gases de efecto invernadero, que absorben la radiación térmica y la devuelven sobre la superficie terrestre.

El carácter templado que presenta actualmente la Tierra ha llevado a pensar que la vida habría surgido en una hipotética “sopa prebiótica” con temperaturas suaves que se habría producido muchos millones de años después de haberse enfriado la superficie

terrestre. Sin embargo, las últimas evidencias parecen indicar que la vida surgió poco después de solidificarse la Tierra, cuando las condiciones de temperatura y acidez eran similares a las que se encuentran en algunos de los actuales ecosistemas “extremófilos”.

Esta información histórica lleva a interpretar que la vida no es un fenómeno tan frágil y poco probable como se venía pensando y que podría desaparecer si se altera un hipotético frágil equilibrio, sino que, por el contrario, la vida representa un fenómeno asociado al desequilibrio termodinámico que se produce entre los flujos de energía solar y los flujos de energía geoquímica. Estos últimos han variado desde las condiciones iniciales de la Tierra, similares a los que se producen actualmente en condiciones extremófilas, donde habrían surgido los primeros organismos vivos en las primeras zonas relativamente frías, lo cual deja un amplio margen para que la vida exista en otros planetas con agua líquida y donde la temperatura no sea ni tan baja ni tan alta que no permita la existencia de estructuras vivas, sin que la presencia de una atmósfera con alto contenido en O₂, como ocurre actualmente en la Tierra, sea imprescindible para la presencia de seres vivos, excepto para los organismos aerobios.

Variación según el medio

El resultado del balance entre la radiación solar incidente, el albedo, la capacidad calorífica de los materiales de la superficie terrestre y el efecto de los gases de efecto invernadero es que el valor medio de la temperatura de la Tierra es de 15 °C. Sin embargo, su distribución no es homogénea, sino que varía entre los -50 °C en las zonas más frías y los +150 °C que alcanzan las zonas donde se producen emanaciones puntuales de gases del interior de la Tierra, adquiriendo diferentes valores intermedios en función del tipo de medio (marino o terrestre), de la latitud, de la altitud y de la profundidad de los océanos y mares que condicionan directa o indirectamente la biodiversidad, la distribución de los organismos y el desarrollo humano.

En general, la temperatura del aire sobre la superficie terrestre varía entre los -40 °C y los 50 °C en función de la latitud, del periodo del año y de la altitud. Sobre la superficie del mar, el rango de variación de la temperatura es inferior debido a la mayor capacidad calorífica del agua, variando la temperatura entre -2 °C y 32 °C en función de la latitud, del periodo del año y de la profundidad (tabla 8.1). Para simplificar la descripción de la variación climática se procede a diferenciar una serie de com-

ponentes de variación climática y una serie de sectores geográficos a diferentes escalas. A este respecto, el principal componente de variación se asocia a la variación latitudinal de la temperatura y de la precipitación, pudiendo considerarse diferentes zonas desde los polos al ecuador en función de la variación de la temperatura y diferentes subzonas dentro de las zonas climáticas en función de la precipitación. También es posible definir regiones, subregiones y otras unidades climáticas a escalas de menor magnitud en función de otros factores.

VARIACIÓN CLIMÁTICA A ESCALA ZONAL

Variación latitudinal de la temperatura. Zonas climáticas

La variación a escala zonal se refiere a los valores medios y extremos de los parámetros climáticos de diferentes zonas del planeta y a la variación entre zonas (variación interzonal) ligada a la variación latitudinal. Esta variación latitudinal resulta particularmente evidente en el marco de la variación de la temperatura sobre la superficie del mar (figura 8.4), mientras que sobre la superficie terrestre la relación no es tan estrecha debido a la menor capacidad calorífica del suelo y al hecho de que la temperatura en la superficie terrestre se ve afectada por la variación de la elevación y la orientación del terreno.

El patrón de variación referido permite describir la variación del clima en función de la variación de la temperatura y de la radiación con la latitud. En base a lo referido se puede clasificar el clima de forma simple en función de la temperatura, diferenciándose las regiones polares, templadas, intertropicales y ecuatoriales (figura 8.5).

Las categorías zonales definidas en función de la temperatura presentan una fuerte variación intrazonal a la que contribuye la formación de centros de acción con estructura celular (altas y bajas presiones) que condicionan la variación de la precipitación (figura 8.6), motivo por el cual es preciso diferenciar dentro de cada zona latitudinal una serie de subzonas. Además, los centros de acción no son fijos, sino que se desplazan hacia el norte durante el verano del hemisferio norte, y hacia el sur durante el invierno del mismo hemisferio, condicionados por la dinámica atmosférica,

TEMPERATURA DE DIFERENTES ZONAS DE LA TIERRA (°C)			
NATURALEZA DEL MEDIO	T _{media}	T _{máx}	T _{mín}
Cualquier superficie del planeta	15	60	-90
Aire. Superficie continental	14,5	60	-90
Aire. Superficie de los océanos	15,5	50	-30
Agua. Superficie oceáno	17,5	32	-2
Agua. Fondo oceánico	2	4	1

Tabla 8.1. Temperaturas medias (T_m), máximas (T_{máx}) y mínimas (T_{mín}) que se dan en diferentes medios y condiciones.

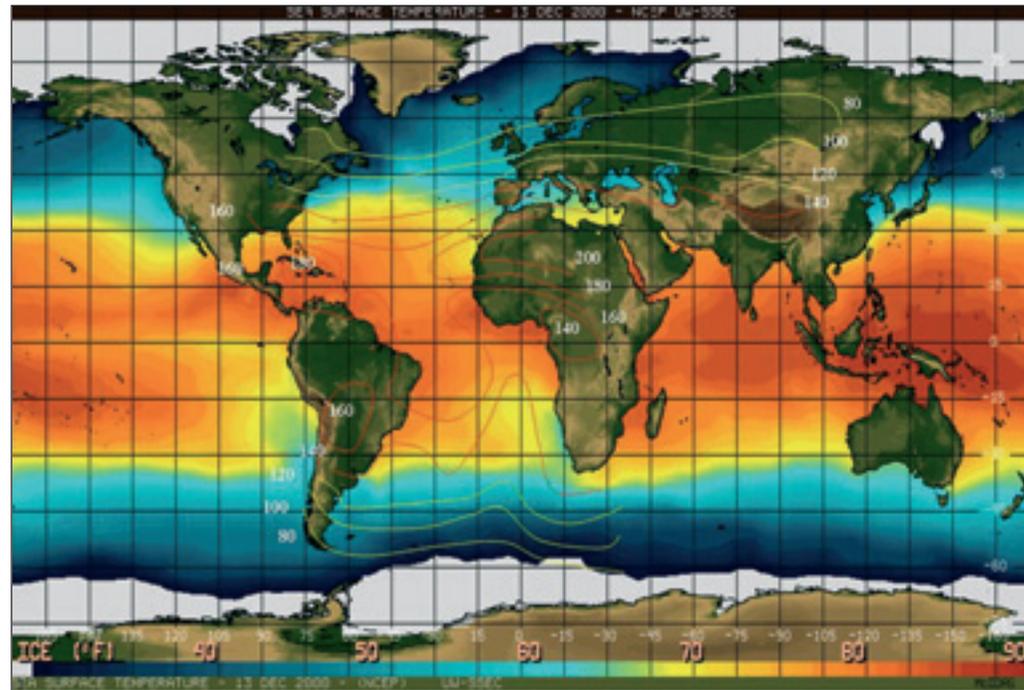
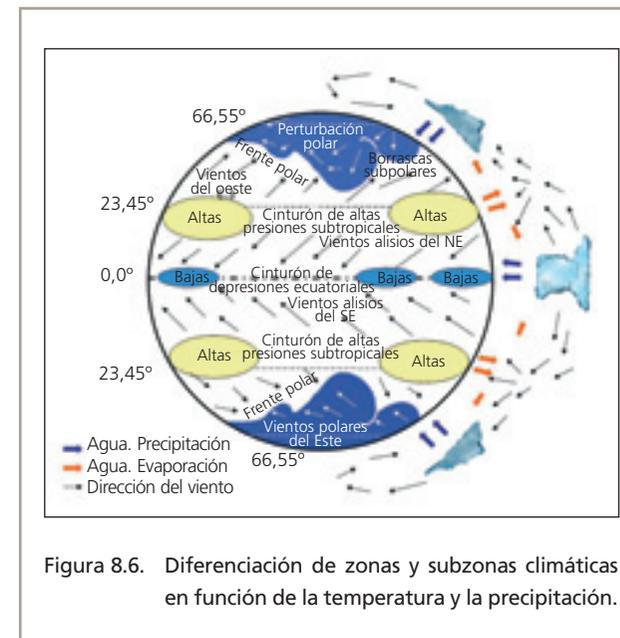
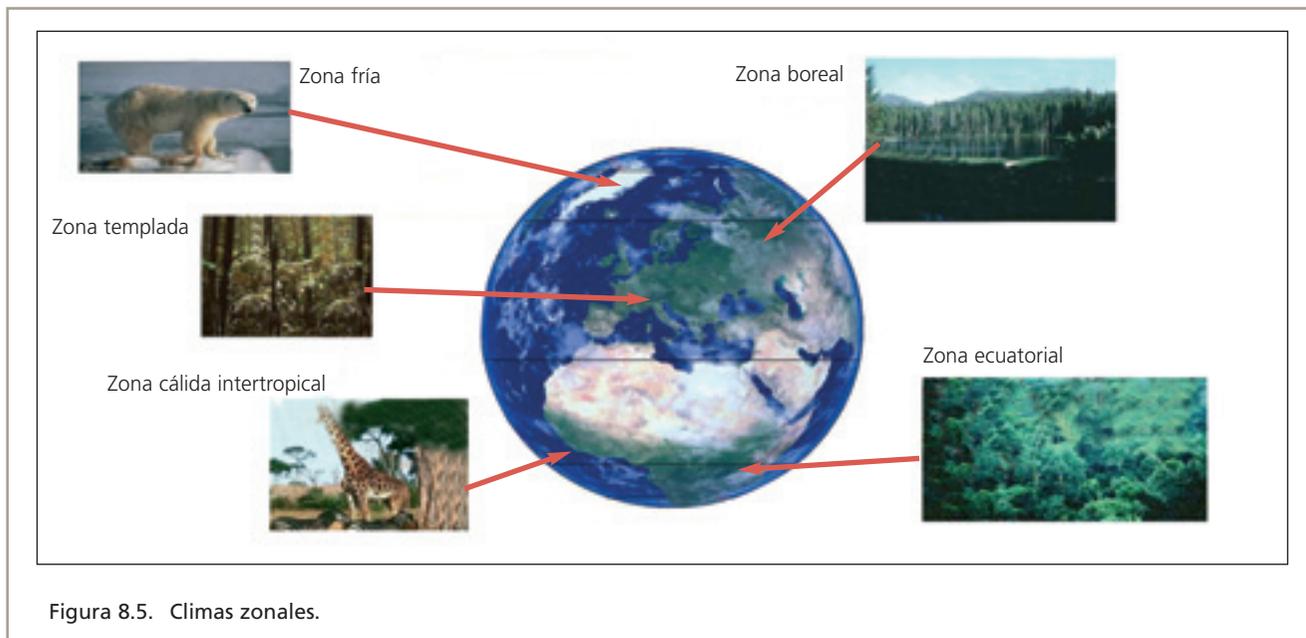


Figura 8.4. Distribución de la radiación y la temperatura sobre el mar, donde las condiciones de otros factores son más homogéneas, mientras que sobre la superficie terrestre la variación es más compleja y se precisa establecer diferencias regionales.



afectando a la temperatura pero fundamentalmente a la pluviosidad. La dinámica que impulsa esta oscilación se debe a que durante el invierno del hemisferio norte los frentes polares y las altas presiones subtropicales se desplazan hacia el sur posibilitando que en otoño, invierno y primavera lleguen masas de aire frío marítimo o continental responsables de la mayor parte de las precipitaciones asociadas a borrascas y a gotas frías polares. Por el contrario, el carácter seco y cálido del verano del hemisferio norte es resultado del desplazamiento hacia el norte de los anticiclones, que favorecen la estabilidad de la atmósfera disminuyendo la precipitación a la vez que aumenta la radiación.

Otros componentes de variación. Subzonas climáticas

En base a lo referido, dentro de estas zonas se pueden diferenciar subzonas en función fundamentalmente de la variación de la precipitación asociada a la variación temporal de los centros de acción (anticiclones y borrascas).

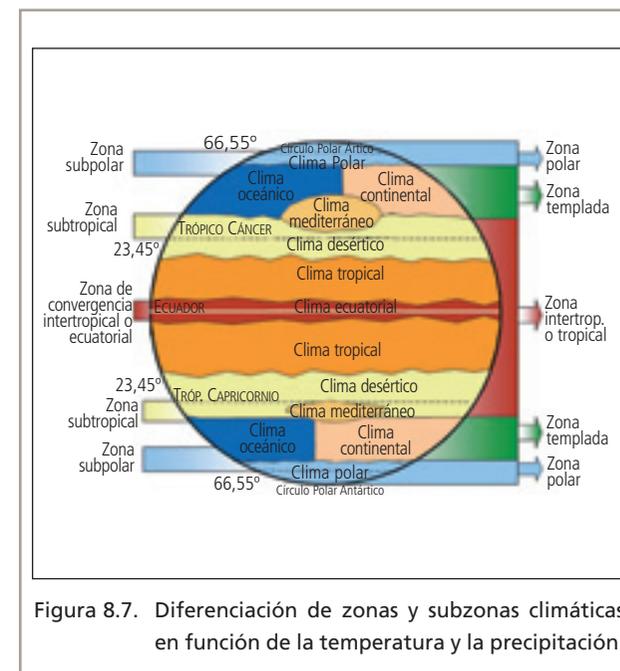
Combinando la variación zonal de la temperatura, que se ve afectada por la radiación, y de la precipitación, que depende de

la dinámica atmosférica, se puede definir una clasificación climática más precisa en la que se diferencian zonas y subzonas climáticas como las que se describen en la figura 8.7.

Regiones climáticas

Abordando la variación latitudinal de la temperatura y de la precipitación y considerando el efecto de las masas continentales es posible definir regiones climáticas más homogéneas. A este respecto, en la figura 8.8 se representa un continente hipotético en el que se reflejan las diferencias que se producen en un gradiente latitudinal a uno y a otro lado del mismo debido a su interacción con los vientos dominantes, de manera que si a la información latitudinal y a la debida a los centros de acción añadimos la interacción de los centros de acción con los continentes, se puede diferenciar una serie de regiones climáticas dentro de cada zona y subzona climática.

- Dentro de la zona climática fría, se diferencian las siguientes regiones climáticas: Polar, Subártica, Desértica y Continental.



- Dentro de la zona climática templada, se diferencian las siguientes regiones climáticas: Oceánica, Continental, Subtropical húmedo y Mediterránea.
- Dentro de la zona climática cálida, se diferencian las siguientes regiones climáticas: Ecuatorial, Tropical, Tropical seca y Desértica.

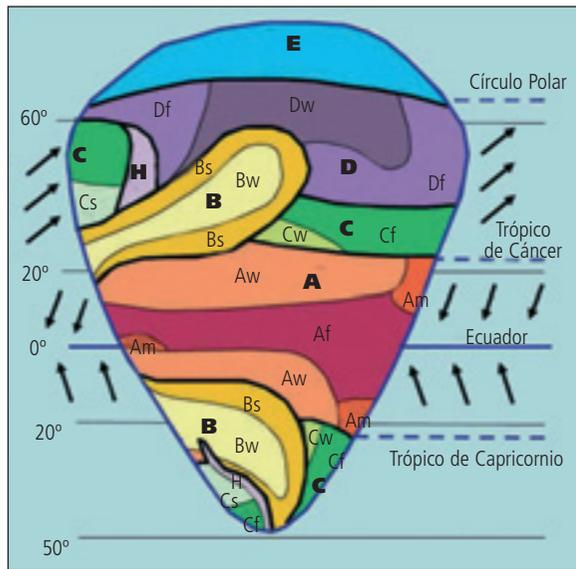


Figura 8.8. Esquema de continente ideal que muestra las diferentes zonas y tipos de clima según la clasificación de Köppen y Geiger. Se aprecia la variación zonal a uno y otro lado del continente debido al efecto de los vientos. A: Zona tropical húmeda; B: Zona seca; C: Zona templada de latitudes medias con inviernos suaves; D: Zona templada de latitudes medias con inviernos severos; E: Zona polar; H: Zona de montaña; f, m: sin estación seca; s: con estación seca en verano; w: con estación seca en invierno.

Características y divisiones de las zonas frías

Las zonas frías se sitúan entre los polos y los círculos polares. Presentan temperaturas muy bajas y precipitaciones reducidas (menos de 250 mm anuales), normalmente en forma de nieve, y se califican como desiertos fríos.

En general, desde el punto de vista dinámico dominan las masas de aire frío con características anticiclónicas que descienden desde las capas altas de la atmósfera y se desplazan en superficie hacia el ecuador en ambos hemisferios. Entre los círculos polares se diferencian zonas subpolares que presentan características intermedias entre la zona polar y la templada.

Características y divisiones de las zonas templadas

Las zonas templadas se sitúan entre las zonas subpolares y las zonas subtropicales, entre los 30° y los 40° de latitud y se caracterizan por presentar condiciones de temperatura y de precipitación más elevadas que en las zonas polares, con variaciones en función del grado de continentalidad o de oceanicidad. A este respecto, la influencia de los vientos del oeste resulta más significativa en el margen occidental de los continentes de la zona templada que en el margen oriental debido a la penetración de borrascas que producen precipitaciones más elevadas y que intensifican el efecto moderador del mar. Por otro lado, por

debajo de la zona templada se diferencia la subzona subtropical caracterizada por presentar altas presiones y valores más altos de temperatura. Además, en función de la continentalidad, de la circulación de los vientos del oeste y de la disposición de los continentes, la zona templada se puede subdividir en una serie de regiones climáticas o climas representados por el clima oceánico, el mediterráneo, el continental y el subtropical tipo chino (tabla 8.2).

El clima oceánico tiene temperaturas moderadas y precipitaciones abundantes debido a que los vientos del oeste transportan aire húmedo relativamente caliente. El clima mediterráneo presenta temperaturas suaves durante todo el año y un patrón de distribución conjunta de la temperatura y de la precipitación mensual caracterizado porque durante el verano del hemisferio norte (junio, julio y agosto) y del hemisferio sur (noviembre, diciembre y enero) el tiempo es caluroso y seco, mientras que durante el invierno de ambos hemisferios el clima es frío y lluvioso. El clima chino es más húmedo.

Características de la zona cálida o intertropical

La zona intertropical se sitúa a uno y otro lado del ecuador entre los 30° de latitud N y los 30° de latitud S, caracterizándose por poseer una temperatura más alta que la zona templada.

VARIACIÓN CLIMÁTICA DE LA ZONA TEMPLADA DEL HEMISFERIO NORTE			
SW → → → →	OCEÁNICA	BOREAL CONTINENTAL	SW → → → →
	Fachada oeste y noroeste. Templado todo el año.	Alejado de la influencia marina.	
	Invierno suave. Verano fresco.	Temperaturas externas y lluvias de verano. Invierno frío.	
SW → → →	MEDITERRÁNEA	TIPO CHINO	SW → → →
	Estación seca y cálida en verano. Invierno suave.	Invierno suave. Verano cálido y húmedo.	

Tabla 8.2. Diferenciación de regiones climáticas en la zona templada en función de la influencia de los vientos del oeste y la distribución de los continentes.

Dentro de la zona intertropical se produce una dinámica atmosférica muy variable que afecta fundamentalmente a la variación de la precipitación y que lleva a diferenciar una subzona subtropical y otra ecuatorial. La dinámica atmosférica se caracteriza en el hemisferio norte por la presencia de los alisios que soplan en superficie desde el noreste en el hemisferio norte, mientras que en el hemisferio sur lo hacen del sudeste debido al efecto Coriolis. Sin embargo, en altura, la circulación del viento se produce en sentido contrario hasta los 30° de latitud, donde se enfría y desciende hacia la superficie pasando a formar parte de las corrientes convectivas que convergen hacia el ecuador. En las zonas situadas entre los 20° y 40° de latitud el aire desciende desde altura creando zonas de altas presiones, aumentando la temperatura del aire y su capacidad de contener vapor de agua, motivando que no se formen nubes, que las precipitaciones sean normalmente inferiores a los 250 mm anuales y que en estas zonas se formen grandes extensiones desérticas sobre los continentes del hemisferio norte y sur.

En base a la dinámica de la atmósfera, en la zona cálida referida se pueden diferenciar varias subzonas y regiones (tabla 8.3). Por un lado estaría la subzona subtropical, que se divide en una región anticiclónica de clima cálido y en una región de clima cálido y seco o desértico; por otro estaría la zona intertropical húme-

da dominada por los vientos alisios que fluyen desde las zonas de altas presiones subtropicales de ambos hemisferios a la zona de convergencia intertropical (ZCIT) y la zona de convergencia intertropical cálida y húmeda o ecuatorial.

La región tropical seca se caracteriza porque el aire es estable en altura, impidiéndose el desarrollo vertical de nubes, motivando que las precipitaciones sean inferiores a los 250 mm anuales y que se produzcan extensiones desérticas. A este respecto, conviene diferenciar entre la región subtropical seca, con temperaturas cálidas todo el año, y la región tropical desértica, que presenta inviernos templados y veranos calurosos, gran amplitud térmica diaria y precipitaciones muy escasas o inexistentes que hace que las plantas presenten adaptaciones a la sequía y al calor.

La zona ecuatorial o de "convergencia intertropical" se localiza por encima y por debajo del ecuador, si bien se desplaza durante el verano del hemisferio norte por encima del ecuador y durante el invierno por debajo del ecuador. Se caracteriza por la abundancia de lluvias y por presentar elevadas temperaturas que favorecen el desarrollo de la vegetación, formándose grandes bosques selváticos.

Clasificación ombrotérmica de Walter

Se trata de una clasificación climática que combina en el mismo gráfico la variación de la temperatura media mensual y la

precipitación media mensual eligiendo la escala de representación de forma que la intersección entre ambos gráficos permite reflejar el balance hídrico. Este parámetro resulta especialmente significativo para explicar las adaptaciones de la vegetación al clima, definiendo las condiciones adaptativas o nicho climático en función de unas pocas variables representadas sobre climodiagramas. Éstos permiten tener en cuenta no sólo cada parámetro sino también permiten integrar visualmente la variación conjunta de los valores medios mensuales de temperatura y de precipitación que, en conjunto caracterizan las condiciones de aridez (figura 8.9).

Para elaborar el climodiagrama de Walter Lieth se precisa:

- Calcular los valores medios de temperatura (en °C) y de precipitación (en mm) para un período temporal largo, al menos 10 años para la temperatura y 30 para la precipitación.
- Representar la variación mensual de ambos parámetros sobre una misma gráfica utilizando para la temperatura una escala doble que para la precipitación. Si se cumple esta regla, al representar conjuntamente ambas variables podemos determinar visualmente los periodos secos y húmedos para la vegetación, en base a que la línea que representa la temperatura media mensual se sitúe por encima (periodo seco) o por debajo (periodo húmedo) de la línea que representa al valor de la precipitación mensual.

En la figura 8.10 se delimitan las grandes zonas climáticas definidas en función de la información de los climodiagramas de Walter, que se corresponden con las adaptaciones de la vegetación, la distribución de los biomas y con el tipo de edificación.

La distribución de las diferentes zonas y regiones climáticas se han cartografiado en la figura 8.11, en la que se diferencia claramente la variación zonal, la variación intrazonal y los climas regionales. Entre éstos se encuentra el clima Mediterráneo, en el que se incluye el clima de Canarias, al que se le presta una especial atención.

Aunque los climodiagramas de Walter se crearon pensando en explicar la variación de la vegetación, resulta de interés para conocer la adecuación de diversas manifestaciones culturales como la agricultura y la arquitectura. Además, se dispone de



Tabla 8.3. División climática de la zona cálida. La zona ecuatorial representa una franja por encima y por debajo del ecuador que oscila a lo largo del año y que conecta con la zona de convergencia intertropical (ZCIT).

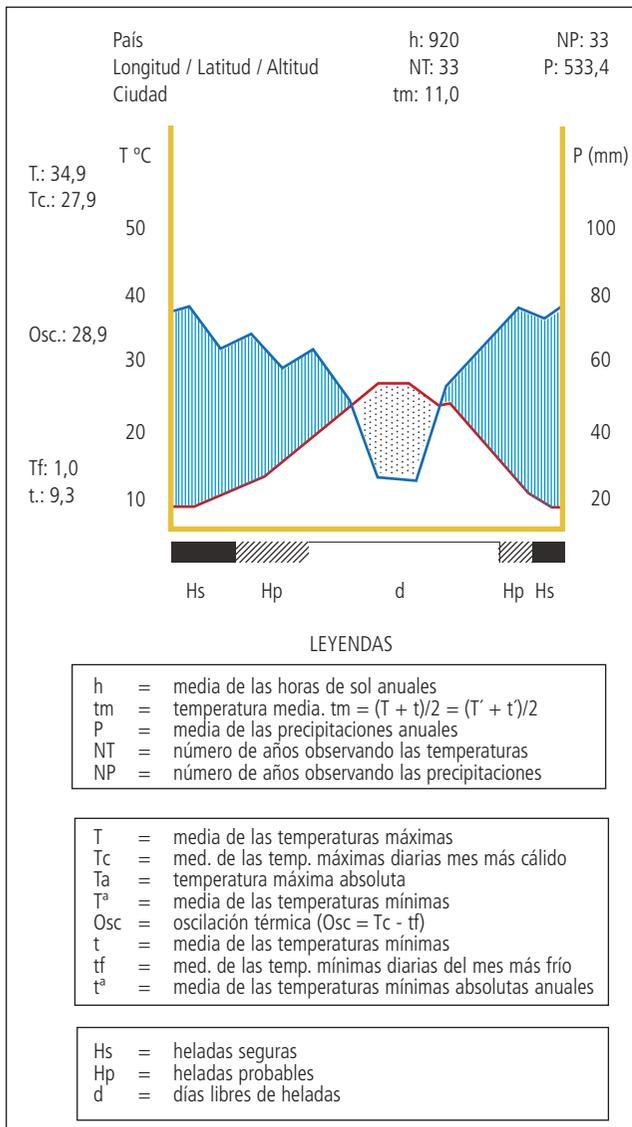


Figura 8.9. Diagrama ombrotérmico de Walter-Lieth. Ofrece una información sintética sobre la variación mensual de la temperatura y la precipitación que permiten caracterizar el clima general de un área y su relación con la vegetación y diferentes actividades económicas.

CLIMAS, PAISAJE Y CULTURAS					
CLIMA ZONAL	CLIMA REGIONAL	CLIMODIAGRAMA	CARACTERÍSTICAS	NATURALEZA	CULTURA
MUY FRÍO	POLAR		Temperaturas muy frías. Sólo por encima de 0°C durante el verano, pero sin alcanzar los 5°C. Breve estación seca de un mes, en verano.	Hielo y tundra 	
FRÍO BOREAL	NIVAL		Continental frío y subártico. Verano cálido e invierno frío o muy frío. Máximo pluviométrico de verano.	Taiga 	
	ÁRIDO		Clima semiárido, frío y seco. Al menos un mes por debajo de cero.	Estepas frías 	
	DESÉRTICO		Verano muy suave o templado; Invierno muy frío. Considerable amplitud térmica diaria. Precipitaciones muy escasas o inexistentes.	Desiertos fríos 	
TEMPLADO	OCEÁNICO		Verano cálido e invierno suave. Precipitaciones: máximo de otoño. Sin estación seca.	Bosque caducifóleo 	
	MEDITERRÁNEO		Verano cálido e invierno suave, de tipo mediterráneo. Precipitaciones máximas en otoño. Estación seca en verano.	Bosque esclerófilo 	
	SUBTROPICAL HÚMEDO (CHINO)		Verano cálido e invierno suave, de tipo mediterráneo. Máximo pluviométrico en verano. Humedad constante.	Bosque de bambú 	

Figura 8.10. Caracterización de zonas y regiones climáticas en función de la información de los climogramas de Walter.

CLIMAS, PAISAJE Y CULTURAS					
CLIMA ZONAL	CLIMA REGIONAL	CLIMODIAGRAMA	CARACTERÍSTICAS	NATURALEZA	CULTURA
CÁLIDO	ECUATORIAL		Temperaturas calurosas todo el año. Sin estación seca. Húmedo todo el año.	Bosque lluvioso 	
	TROPICAL LLUVIOSO		Breve estación seca. Temperaturas uniformes y cálidas durante todo el año por localizarse cerca de las bajas presiones ecuatoriales	Sabana 	
	TROPICAL SECO		Temperaturas cálidas o calurosas todo el año. Variación estacional, por localizarse en zonas cercanas a las altas presiones subtropicales y a los climas desérticos. Sólo un mes húmedo.	Estepa tropical 	
	DESÉRTICO		Invierno muy suave o templado; verano caluroso. Considerable amplitud térmica diaria. Precipitaciones muy escasas o inexistentes.	Desierto tropical 	

Figura 8.10. Continuación.

información para miles de localidades de todo el mundo lo que supone una gran ventaja a la hora de caracterizar proyectos relacionados con la arquitectura bioclimática.

ESCALAS ARCHIPELAGICAS

Carácter mediterráneo subtropical del clima de Canarias

El clima mediterráneo es un clima caracterizado por presentar un periodo seco que coincide con el periodo cálido, y un periodo húmedo que coincide con el periodo frío, de modo que se alterna un periodo de clima frío y húmedo durante el invierno y otro cálido y seco durante el verano que afecta a los organismos y a diversas actividades (agrícolas, ganaderas, construcción tradicional, etc.), presentando adaptaciones que permiten superar el efecto limitante del frío durante el invierno, y del calor y de la sequía durante el verano.

El clima mediterráneo se localiza entre el clima templado y el tropical en el margen oeste de los continentes. Se extiende entre los 30° y los 45° de latitud en torno al mar Mediterráneo, el Sur de Australia, California central y meridional, Australia suroccidental, la costa chilena y la región de Ciudad del Cabo en África del Sur. En la figura 8.12 se representa la distribución del clima mediterráneo en varios continentes, tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur, a la vez que se representan los climodiagramas de Walter.

Al analizar los climodiagramas de diferentes estaciones de Canarias, como el de la figura 8.13, se aprecia que su patrón de variación encaja con el patrón de variación característico del clima mediterráneo (figura 8.12) por lo que se incluye dentro del mismo. Sin embargo, al situarse Canarias en el límite sur de la región mediterránea (29°N aproximadamente) presenta particularidades específicas pues al desplazarse el anticiclón de las Azores hacia el norte durante el verano se ve afectada por los alisios, a lo que se añade su proximidad al Sahara y a la corriente fría de Canarias, lo cual contribuye a que el clima de Canarias presente características específicas que calificamos de mediterráneo subtropical caracterizado por la presencia de vientos alisios de componente NE y vientos cálidos del Sahara (tiempo sur).

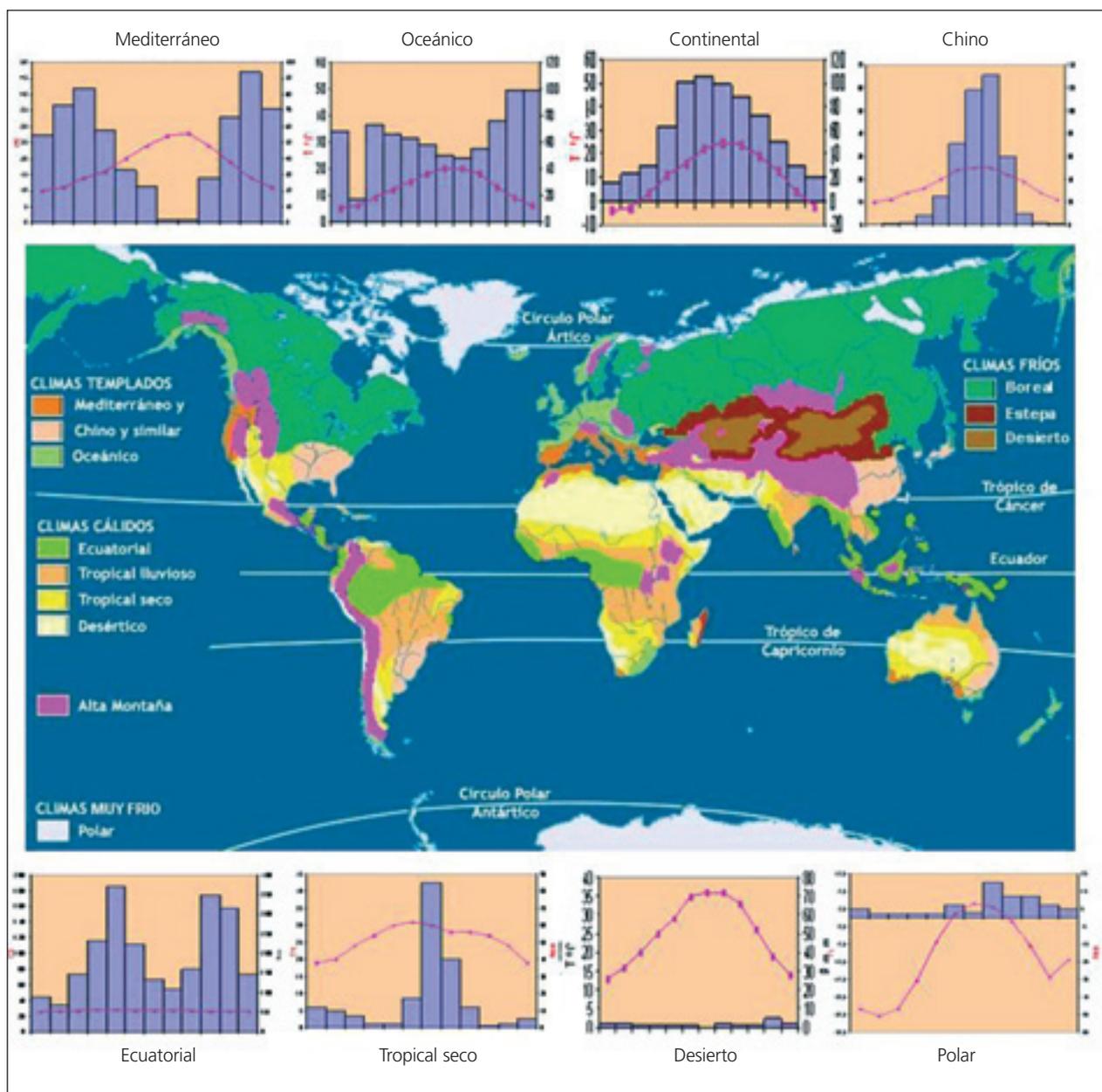


Figura 8.11. Zonas y regiones climáticas definidas en función de la relación entre la temperatura y la precipitación.

El alisio aporta a las islas aire frío y húmedo que dulcifica el clima durante el verano y que contribuye a que se forme una capa de inversión que en las laderas de barlovento da lugar a la formación de una capa de nubes ("mar de nubes") que suele producir pocas precipitaciones, pero que contribuye a mitigar la radiación del verano posibilitando el desarrollo de una vegetación "siempreverde" de lauráceas.

La inversión asociada al alisio permite diferenciar una capa de aire fresco y húmedo por debajo de la inversión, y una capa de aire seco por encima de la inversión. Cuando el aire húmedo de componente NE se encuentra un accidente topográfico y se ve forzado a elevarse por las laderas, se enfría durante el ascenso condensándose al alcanzar la temperatura del punto de rocío, iniciándose la formación de una capa de nubes (estratocúmulos) que se extiende desde la altura a la que se alcanza el punto de rocío hasta el límite inferior de la inversión de temperatura en la que se detiene el ascenso vertical del aire. El límite superior de la capa de nubes visto por encima se conoce por su aspecto como "mar de nubes", mientras que visto desde abajo presenta un aspecto más sombrío y se conoce como "panza de burro". Estas particularidades climáticas condicionan el paisaje vegetal, las actividades agrarias, el confort térmico, el tipo de edificación, el urbanismo, la agricultura y el turismo.

Variación climática interinsular en Canarias y en la Macaronesia

Aunque Canarias se considera que pertenece al clima mediterráneo se incluye dentro de la región de la Macaronesia. Para explicar esta aparente contradicción se requiere precisar algunos conceptos. En primer lugar, el clima mediterráneo está condicionado por las condiciones climáticas, mientras que el concepto de Macaronesia se refiere a una región biogeográfica basada en percepciones difíciles de cuantificar que ha estado muy influida por la percepción de los naturalistas europeos, como Humboldt, que llegaban a las "islas atlánticas" desde el Mediterráneo lo que les llevaba a resaltar más las diferencias con las islas del Mediterráneo que las diferencias entre las islas macaronésicas (Azores, Madeira y Cabo Verde) pese a existir entre ellas grandes diferencias.

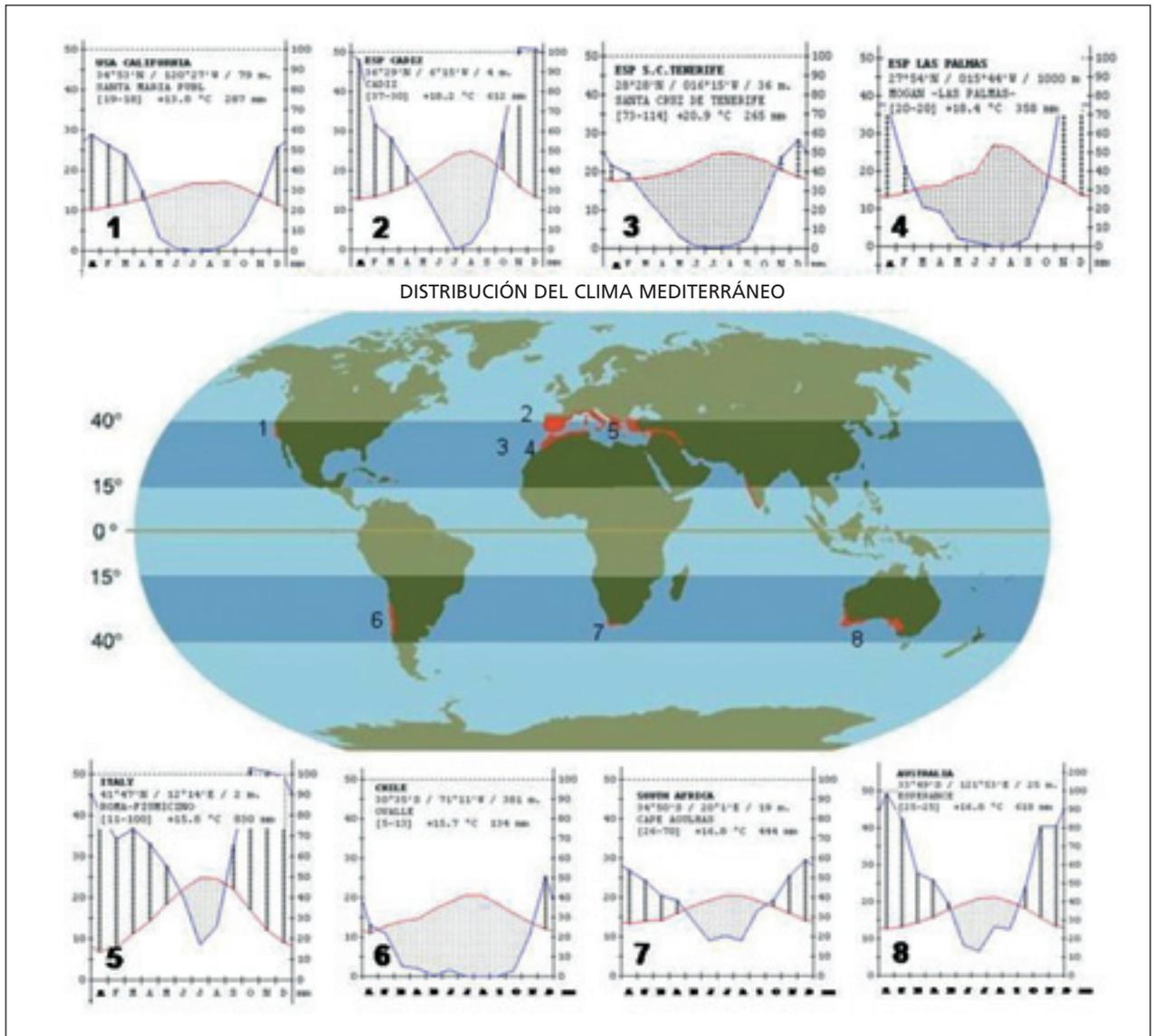


Figura 8.12. Distintas zonas de clima mediterráneo. Se aprecia que los climodiagramas presentan características similares, en todos ellos hay un periodo cálido y seco y otro frío y húmedo que se corresponde con el verano y el invierno del correspondiente hemisferio. Observe que los climodiagramas del hemisferio sur comienzan en el mes de julio mientras que los del hemisferio norte lo hacen en enero.

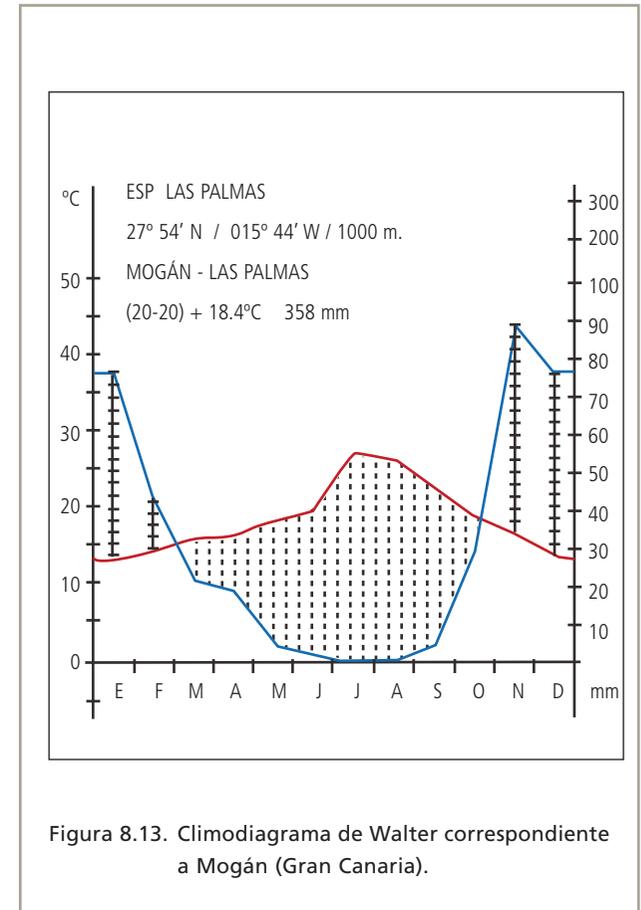


Figura 8.13. Climodiagrama de Walter correspondiente a Mogán (Gran Canaria).

La figura 8.14 compara los climodiagramas pertenecientes a diferentes islas macaronésicas y zonas continentales situadas a una latitud equivalente. En un extremo se sitúan las Azores, que poseen un régimen pluviométrico húmedo sin estación seca, aunque presentan un mínimo estival, mientras que en el otro extremo se sitúa el archipiélago de Cabo Verde, que presenta características más cálidas y secas debido a verse poco afectadas por las borrascas y más por la zona de convergencia intertropical (ZCIT). Esto motiva que en el caso de las islas más meridionales la precipitación máxima no se produzca durante el invierno sino durante el verano, lo que es propio de la zona climática

tropical. Las islas Canarias y las islas de Madeira presentan características climáticas intermedias entre las de Azores y Cabo Verde, y presentan cierta similitud con islas y regiones costeras mediterráneas, si bien se diferencian de ellas por presentar una continentalidad menor (1, 2) que Baleares y otras zonas del litoral mediterráneo peninsular (hasta 15).

ESCALA INSULAR

Características insulares

Canarias presenta características climáticas específicas, pero existen también diferencias entre las islas en cuanto a la distancia al continente africano, a la corriente fría de Canarias, a la elevación y a la fisiografía.

La figura 8.15 muestra el gradiente térmico que se establece durante el invierno sobre la superficie del mar desde la costa africana hacia el interior del océano, indicando que las aguas de las islas orientales, con su extremo en Fuerteventura, son más frías que las aguas que bañan las costas de las islas occidentales, con su extremo en el Hierro. Esto afecta a la temperatura del aire en el caso de observatorios meteorológicos situados cerca de la costa, a una altura inferior a los 100 metros (figura 8.16). La variación de la temperatura del aire en función de la temperatura de la superficie del mar pone de manifiesto el efecto de la orografía, principalmente en la isla de Tenerife que al ser muy elevada (2700 m) muestra claras diferencias entre las laderas orientadas al sur y al norte.

Las islas presentan diferencias en función de su elevación que afectan a la variación altitudinal de la temperatura y a su interacción con la capa de inversión, lo que motiva que se forme o no el "mar de nubes" condicionando a su vez la radiación, la humedad y la variación altitudinal de la precipitación. En función de la altura a la que se sitúa la capa de inversión y de la elevación de cada isla, se producen distintas situaciones climáticas. En el caso de las islas de mayor elevación, se diferencian tres zonas: una zona inferior afectada por la capa de aire húmedo, la zona intermedia afectada por el "mar de nubes" y, por encima, la zona afectada por aire seco. Así, las islas altas reciben más pre-

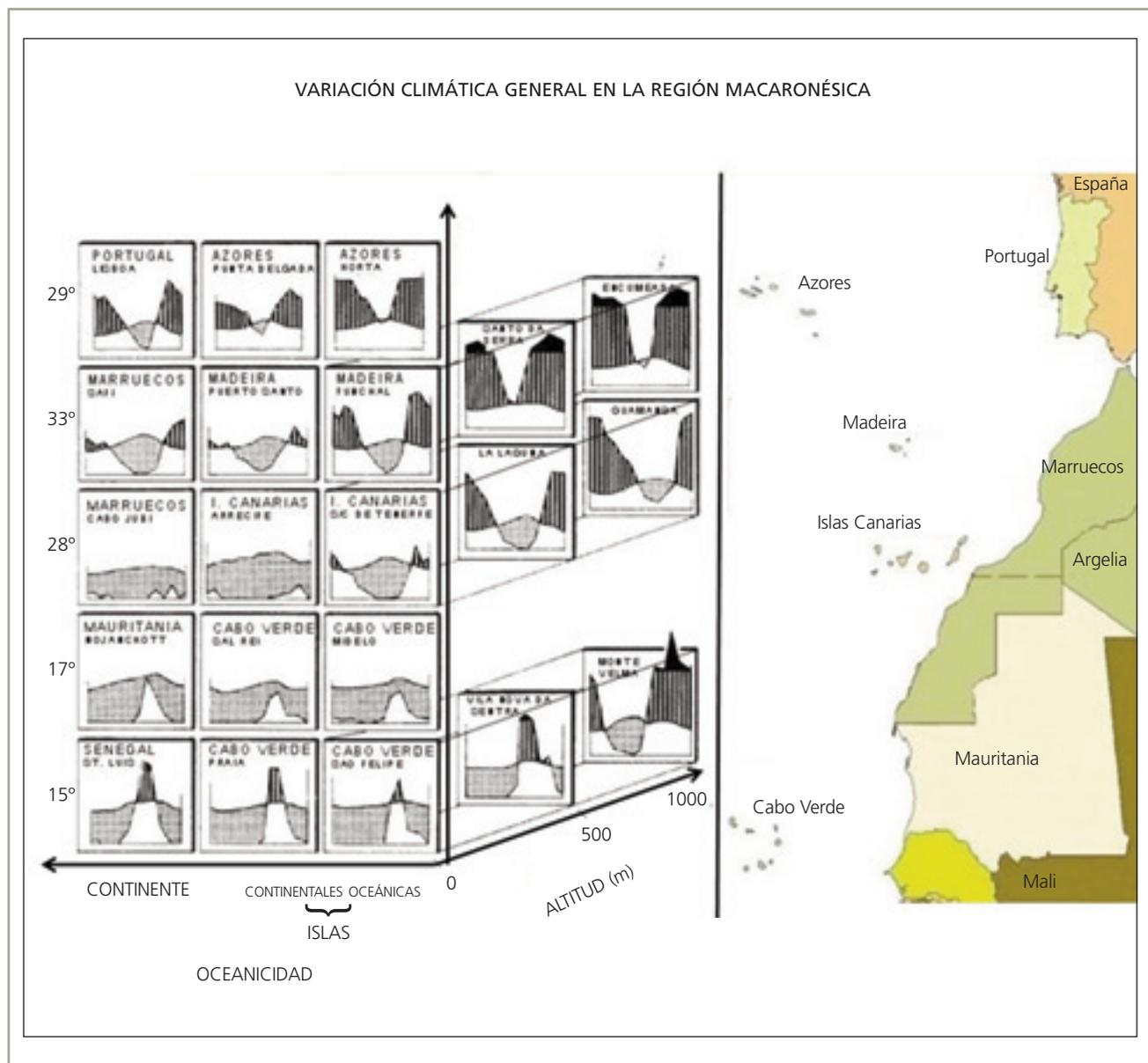


Figura 8.14. Distribución tridimensional de diagramas climáticos correspondientes a diferentes archipiélagos de la Macaronesia y de zonas continentales que permiten analizar las similitudes y diferencias con las condiciones climáticas de Canarias. Fuente: de Nicolás et al (1989).

cipitación, y se diferencian zonas afectadas o no por la capa húmeda que diversifica las condiciones climáticas en cuanto a radiación y humedad, y posibilita una mayor biodiversidad (figura 8.17). Hay que tener en cuenta que la altura donde se sitúa la capa de inversión no es fija sino que varía a lo largo del año, variando la altura de la zona afectada por la capa de aire húmedo y el "mar de nubes".

Sin embargo, en el caso de las islas bajas, al no verse afectadas por el mar de nubes, las islas reciben más radiación y menos humedad y precipitación, acentuándose su carácter árido. A la vez, aumenta la oscilación térmica diaria y anual, viéndose afectada la vegetación por el estrés hídrico, como sucede en Fuerteventura y Lanzarote.

La elevación, por otro lado, está relacionada con su antigüedad, porque las islas más próximas al continente son más antiguas y han sufrido más intensamente el efecto de la erosión, presentando un perfil muy bajo, mientras que las más distantes son más altas debido a que periódicamente experimentan procesos de erupción y en ellas lleva menos tiempo actuando la erosión.

Influencia de la distancia al continente africano

Aunque de menos importancia, la distancia de cada isla al continente y a la corriente fría de Canarias condiciona la variación de las condiciones climáticas entre islas, afectando particularmente a las temperaturas mínimas, como se evidencia al comparar estaciones situadas a nivel de la costa, comprobándose que las temperaturas mínimas son más bajas cuanto mayor es la proximidad al continente atribuible al efecto de la corriente fría de Canarias (figura 8.18).

En la figura 8.19 se analiza la variación de la precipitación con la oceanicidad, apreciándose su aumento con la distancia al continente.

VARIACIÓN A ESCALA LOCAL

Principales factores

La escala local se caracteriza por considerar la información agrupada a nivel de estaciones locales, lo cual permite analizar

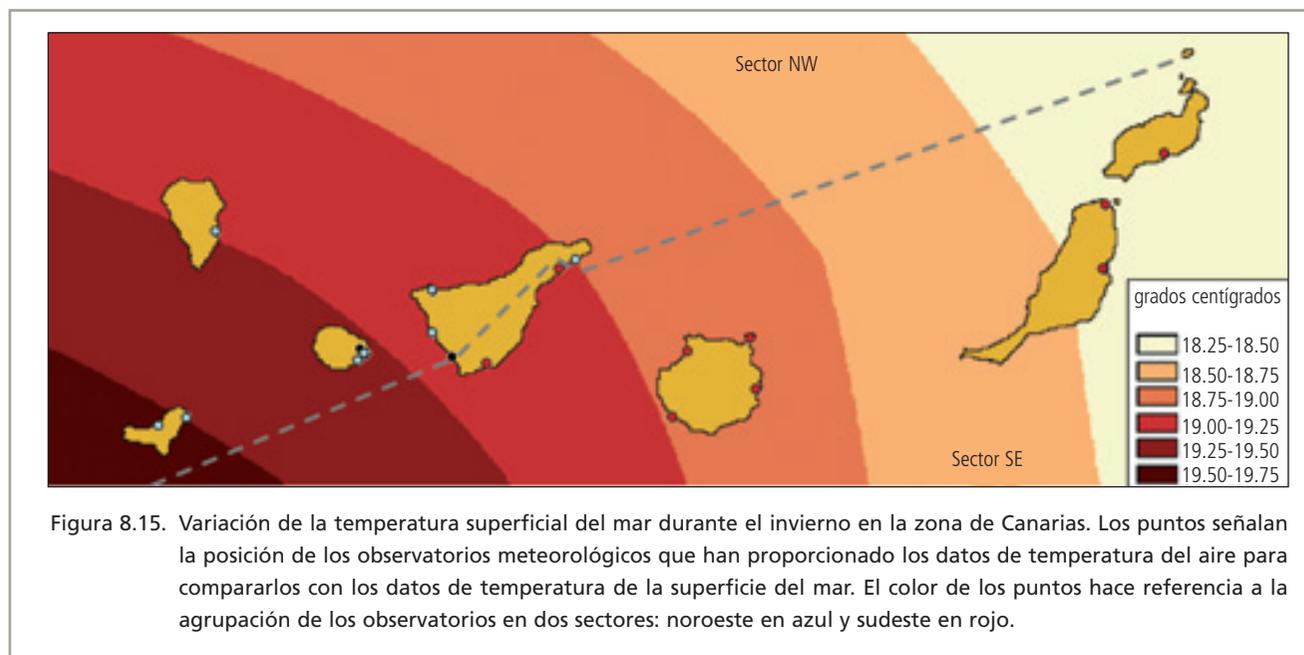


Figura 8.15. Variación de la temperatura superficial del mar durante el invierno en la zona de Canarias. Los puntos señalan la posición de los observatorios meteorológicos que han proporcionado los datos de temperatura del aire para compararlos con los datos de temperatura de la superficie del mar. El color de los puntos hace referencia a la agrupación de los observatorios en dos sectores: noroeste en azul y sudeste en rojo.

la variación interestacional en función de dos componentes, la variación altitudinal y el efecto de la orientación, que interaccionan entre sí creando diferencias locales relacionadas con la presencia del "mar de nubes".

Influencia de la altitud y del mar de nubes.

En la figura 8.20 se describe la variación de la altura de la capa de inversión a lo largo del año. En base a la posición de la capa de inversión se diferencia un piso climático por debajo de los 800 m, muy afectado por la capa de aire húmedo, un piso entre los 800 y los 1.600 metros, que se ve afectado por la capa húmeda, y otro por encima de los 1.600 metros que no suele verse afectado por la capa húmeda siendo baja la humedad y la nubosidad y alta la radiación. Esto afecta tanto a la distribución de los vegetales y de los animales, como a la distribución de los cultivos y los tipos de edificación. A este respecto se puede diferenciar: una zona afectada por el "mar de nubes" durante el verano y el invierno, con una elevada hume-

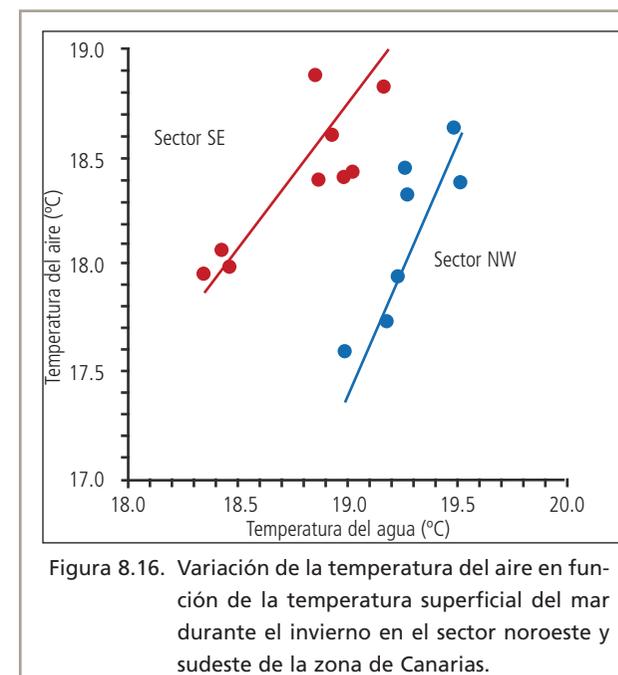


Figura 8.16. Variación de la temperatura del aire en función de la temperatura superficial del mar durante el invierno en el sector noroeste y sudeste de la zona de Canarias.

dad y una reducida radiación que permite el desarrollo de la corona forestal, otra capa comprendida por las zonas afectadas por el "mar de nubes" sólo en verano que marca el límite del monte "siempreverde", un tipo de vegetación (laurisilva) que no resiste la alta radiación del verano, y una zona, por encima del "mar de nubes", que sólo se ve afectada por la capa de aire seco y que esta poblada por plantas nivales adaptadas tanto a las frías temperaturas del invierno como a la alta radiación del verano.

El efecto de la altitud sobre la temperatura se describe en la figura 8.21, donde se muestra cómo la temperatura disminuye con la altitud.

El patrón referido se mantiene a lo largo del año, si bien se producen cambios en el caso de estaciones que durante el verano se sitúan por encima de la capa de inversión y en invierno por debajo (figura 8.22).

La precipitación aumenta con la altitud sólo hasta cierto nivel altitudinal, iniciándose después un descenso de la precipitación a partir de una altitud que se relaciona con el inicio de la capa de inversión de la atmósfera. En general, la precipitación aumenta hasta los 1.600 m, límite inferior de la inversión durante el otoño y el invierno, que es cuando se produce la mayor parte de las precipitaciones, mientras que por encima de esa altitud las precipitaciones disminuyen, motivando que las precipitaciones más altas se produzcan a los 1.600 m. En la figura 8.23 se aprecia cómo los valores en Izaña son menores que en Los Rodeos, debido a que Izaña queda por encima de la capa de inversión y la precipitación es reducida.

La variación temporal de la precipitación presenta cambios debidos al efecto de las situaciones sinópticas dominantes en cada periodo y de la altitud de la capa de inversión que afecta a la estabilidad de la atmósfera y que condiciona que a partir de cierta altitud, disminuyan las precipitaciones (figura 8.24). Los valores más altos se producen en Enero, mientras que durante el verano las precipitaciones son escasas aunque los alisios forman una capa de estratocúmulos que puede superar los 1.000 m de espesor, pero que no producen precipitaciones importantes debido a las condiciones de estabilidad que se

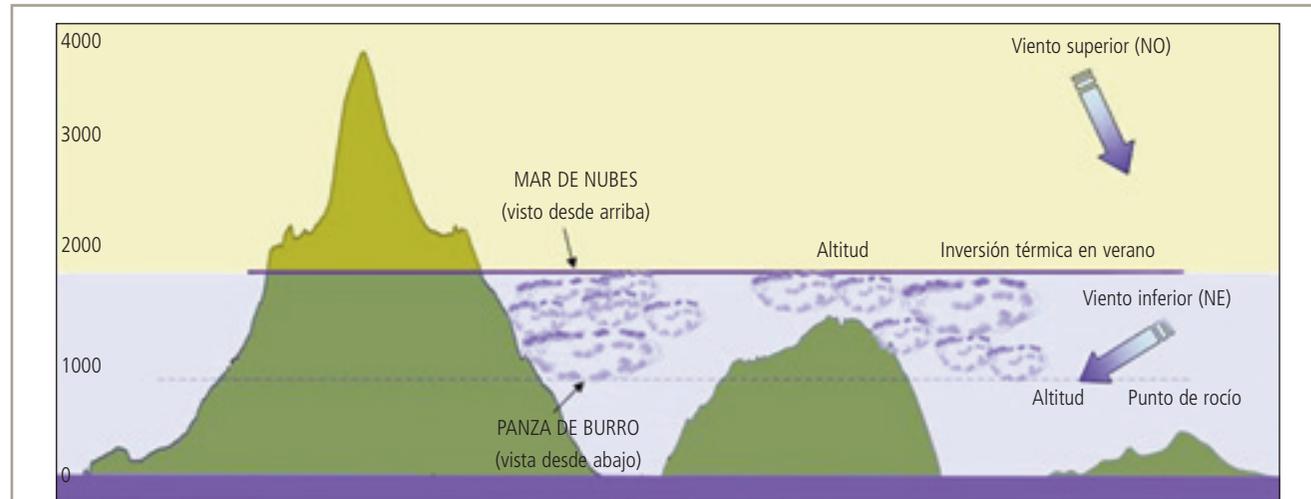


Figura 8.17. Efecto de la altura de la inversión y de la elevación de las islas. La masa de aire húmedo del alisio que asciende por las laderas de barlovento se va enfriando dando lugar a la condensación del vapor de agua que forma el "mar de nubes" cuando la temperatura desciende por debajo del punto de rocío. Pero si la elevación de la isla es reducida, la disminución de temperatura no alcanza el punto de rocío y no se forma el "mar de nubes".

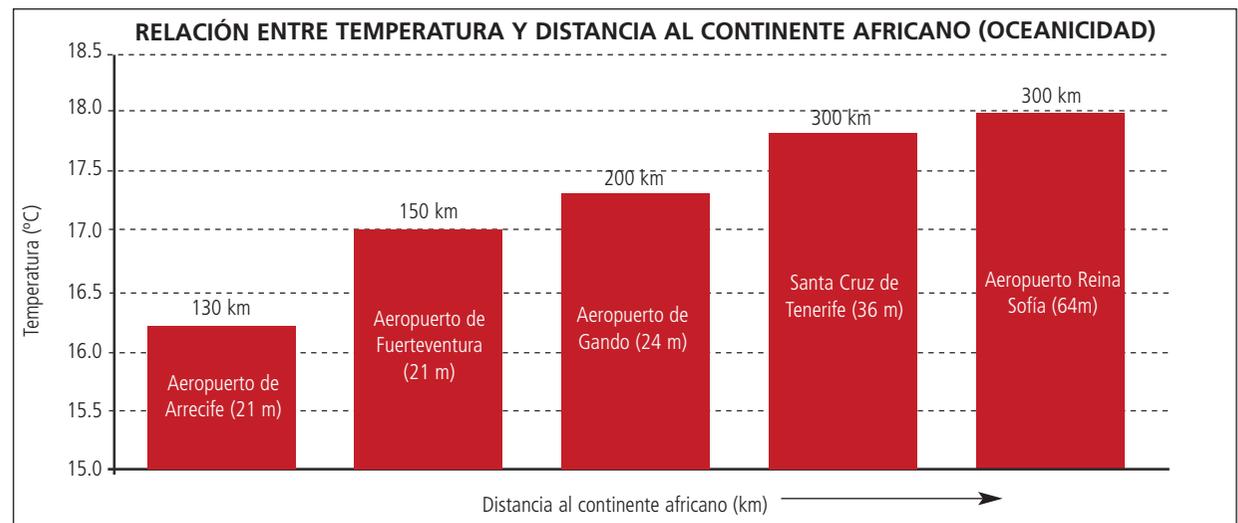


Figura 8.18. Variación de la temperatura mínima diaria de estaciones situadas al nivel del mar con la distancia al continente. Se aprecia cómo las temperaturas mínimas disminuyen al aproximarse a la costa africana debido posiblemente a la temperatura del mar. Sin embargo, no existe un patrón geográfico claro con la variación de las máximas debido al efecto de la nubosidad.

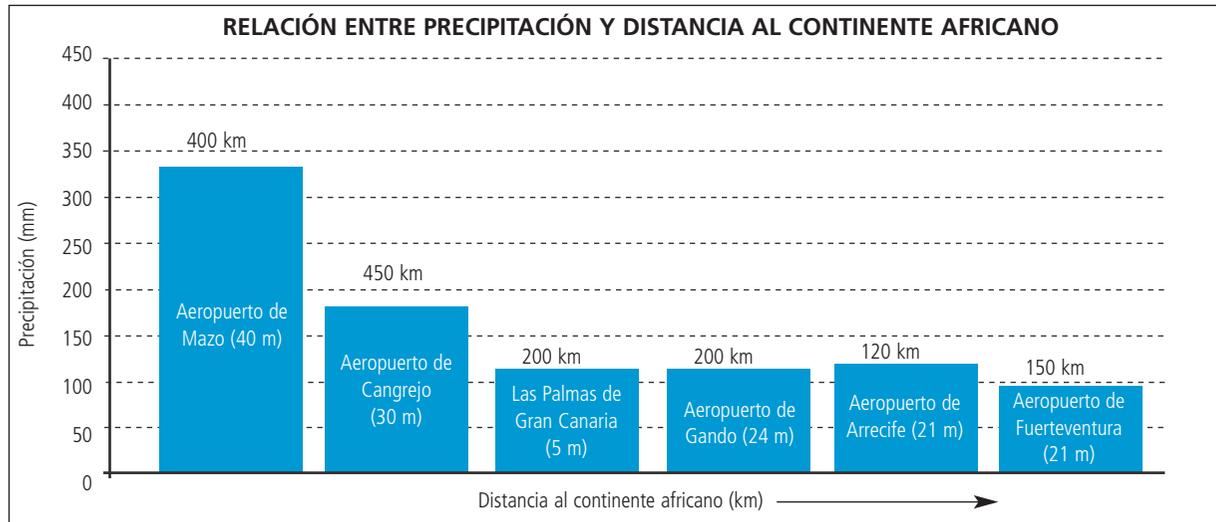


Figura 8.19. Variación de la precipitación con la distancia al continente. Se aprecia cómo la precipitación aumenta significativamente con la distancia al continente.

EFFECTO DE LA VARIACIÓN DE LA ALTITUD DE LA INVERSIÓN TÉRMICA A LO LARGO DEL AÑO SOBRE LA HUMEDAD DE LA ATMÓSFERA

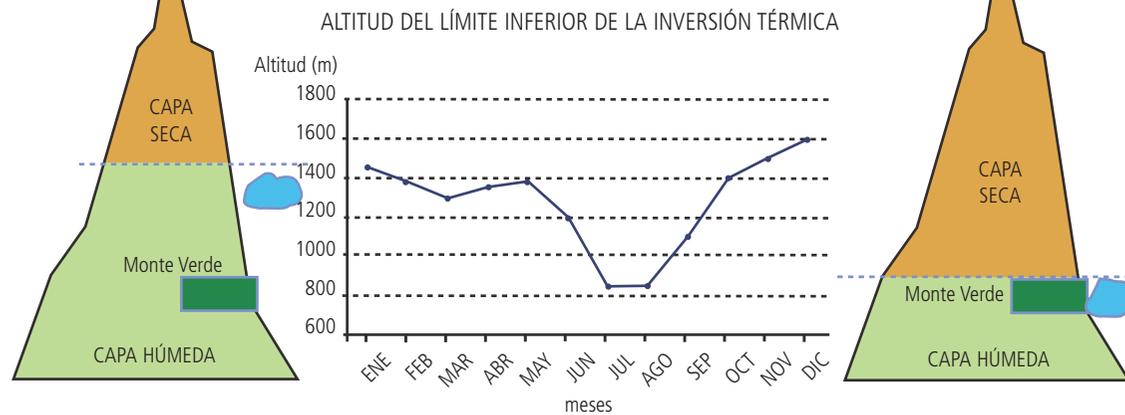


Figura 8.20. Variación de la altura de la capa inferior de aire húmedo y de la capa superior de aire seco a lo largo del año. Durante el verano la inversión es más baja y la capa húmeda más estrecha, no pudiendo darse la vegetación de laurisilva por encima de esa altura.

RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA Y LA ALTITUD

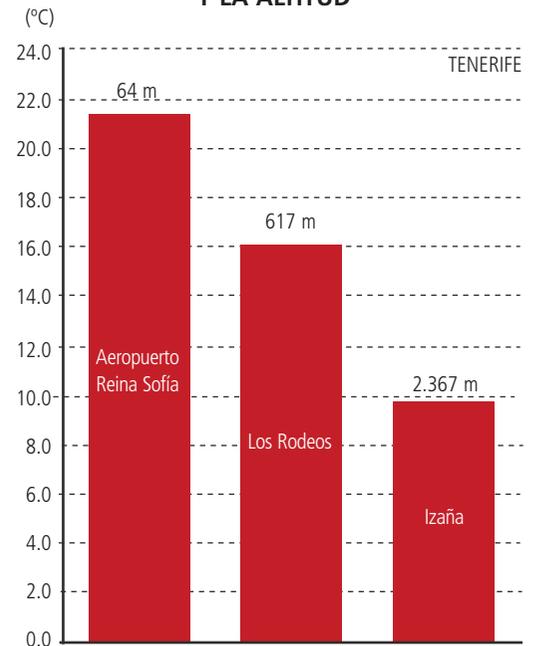


Figura 8.21. Variación de la temperatura media entre estaciones de Tenerife a diferentes altitudes.

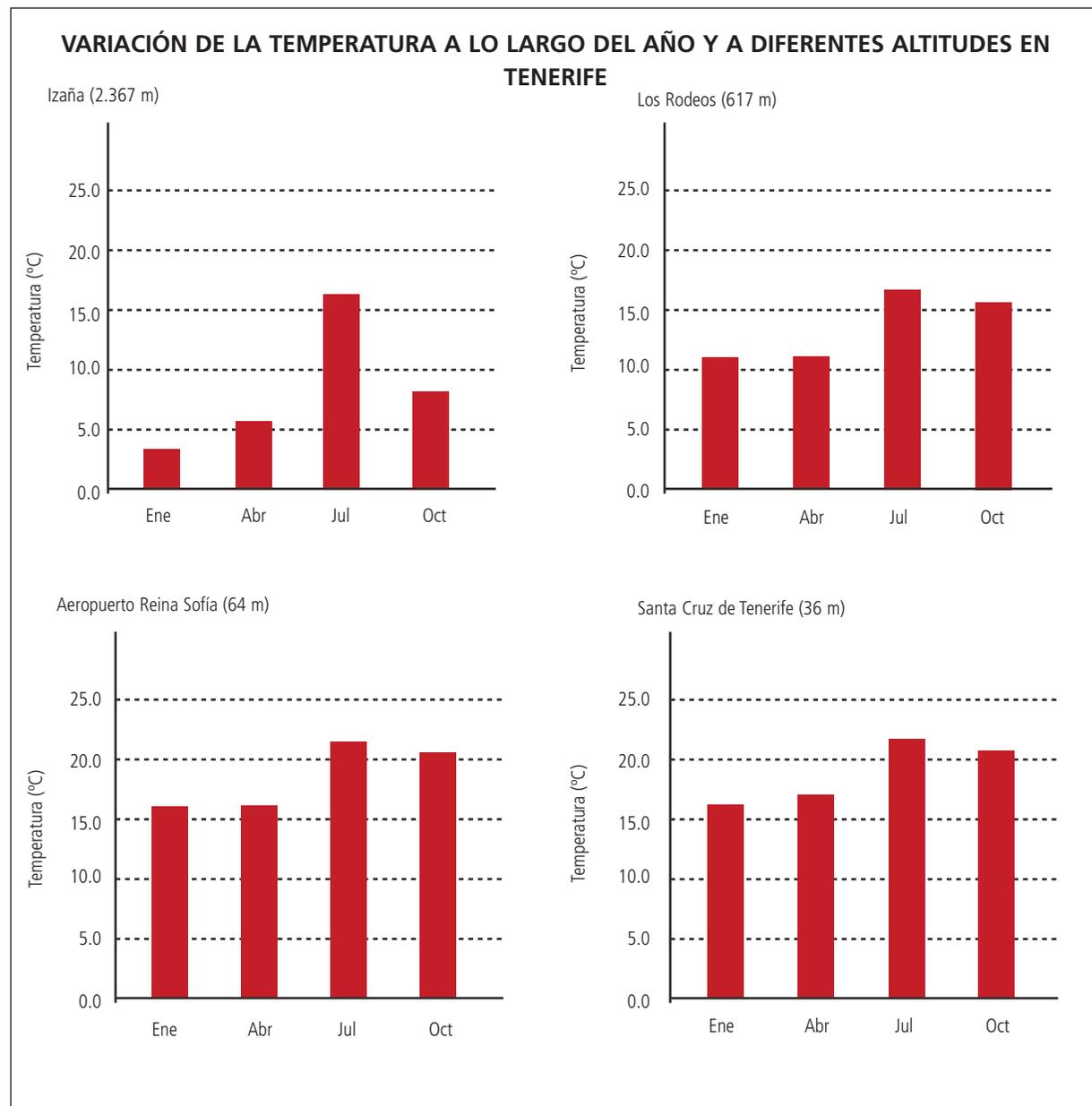


Figura 8.22. Variación de la temperatura media mensual (°C) de cuatro estaciones situadas a diferente altitud (m).

producen limitándose las precipitaciones a lugares concretos más favorecidos.

En la figura 8.25 se describe la variación de la humedad a lo largo del año para cuatro estaciones situadas a diferente altitud.

Efecto de la orientación

La temperatura y la precipitación se ven afectadas por la orientación respecto a los vientos alisios, que están asociados a la formación del "mar de nubes" y a otros vientos portadores de aire húmedo.

En la figura 8.26 se describe la variación altitudinal de la precipitación y de la temperatura en enero en la ladera norte y en la ladera sur de Tenerife, apreciándose diferencias en función de la orientación. Así, la precipitación alcanza valores más elevados en las estaciones de la ladera norte (a barlovento de los alisios) que

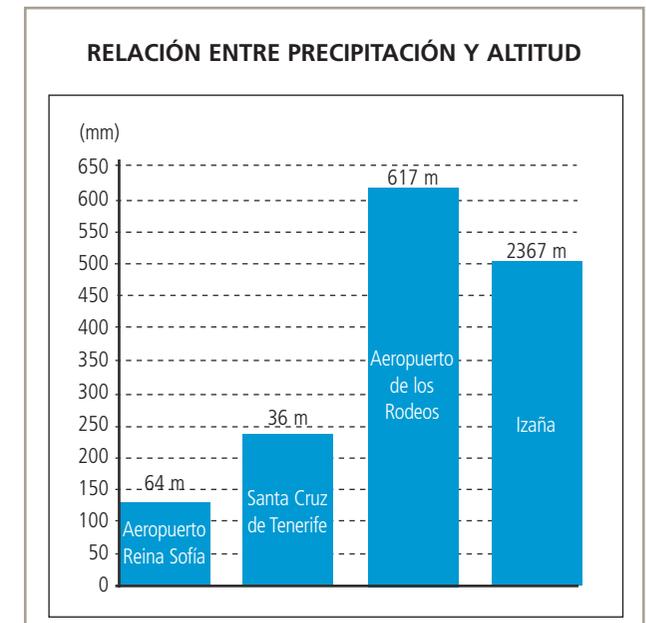


Figura 8.23. Variación de la precipitación con la altitud.

En general, la precipitación aumenta con la altitud hasta la capa de inversión, disminuyendo después a partir de esta altitud.

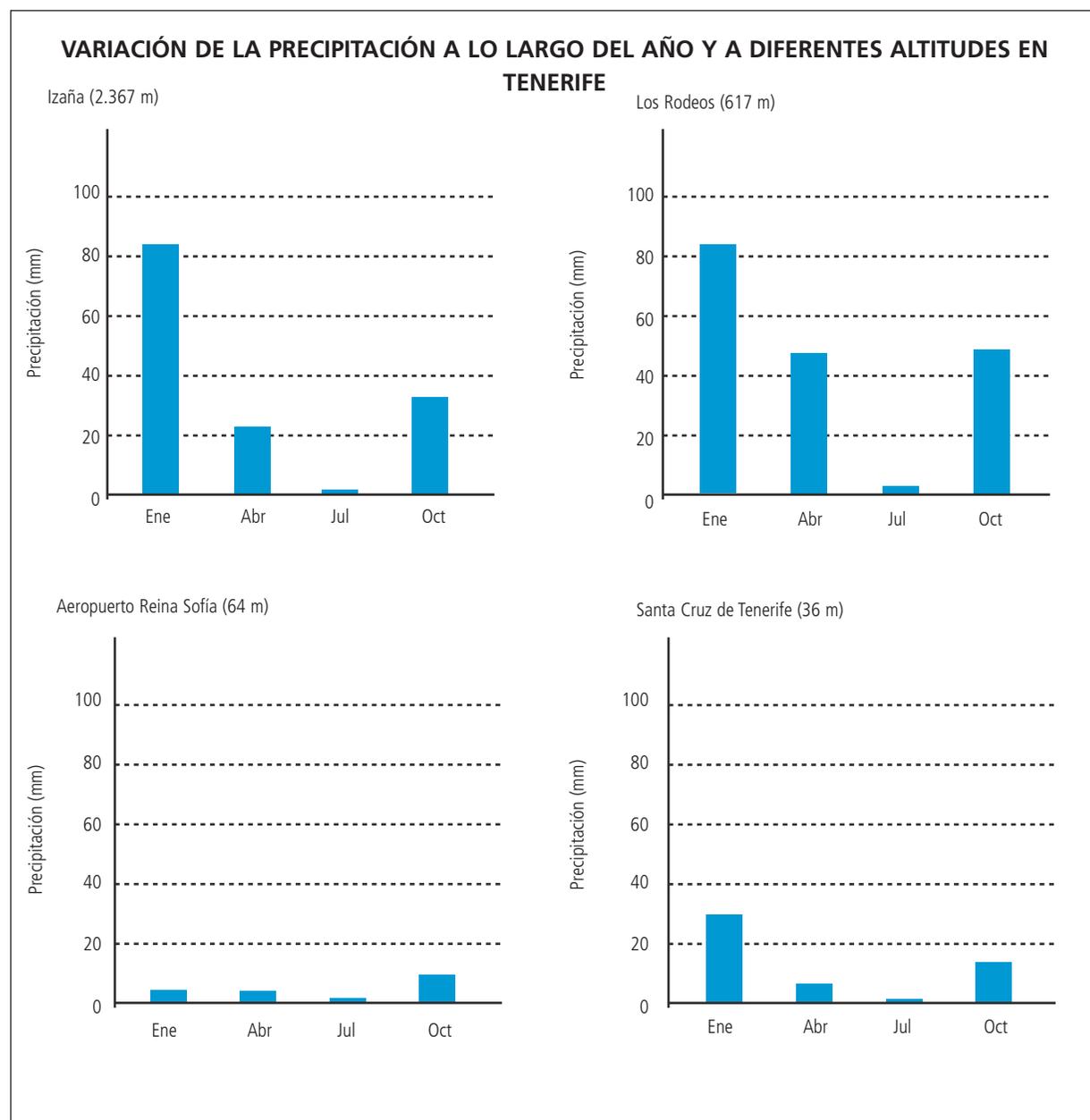


Figura 8.24. Variación de la precipitación a lo largo del año en cuatro estaciones situadas a diferente altitud.

en las situadas en la ladera sur (a sotavento de los alisios), mientras que el efecto sobre las temperaturas es menor.

En la figura 8.27 se aprecia también como la irradiancia media diaria es menor en las estaciones a barlovento que en las situadas a sotavento.

ESCALA MICROCLIMÁTICA

Características y factores

La variación a escala microclimática permite precisar las diferencias que se producen en una estación en función de la distancia respecto a la superficie del suelo, del albedo debido a la textura del suelo, de la vegetación o de cualquier otra superficie y de la presencia de otros factores que subordinan el balance de la radiación solar. Estos factores se pueden agrupar en naturales y artificiales, como los debidos a la actuación del hombre mediante sus edificios e infraestructuras.

Microclimas en condiciones naturales

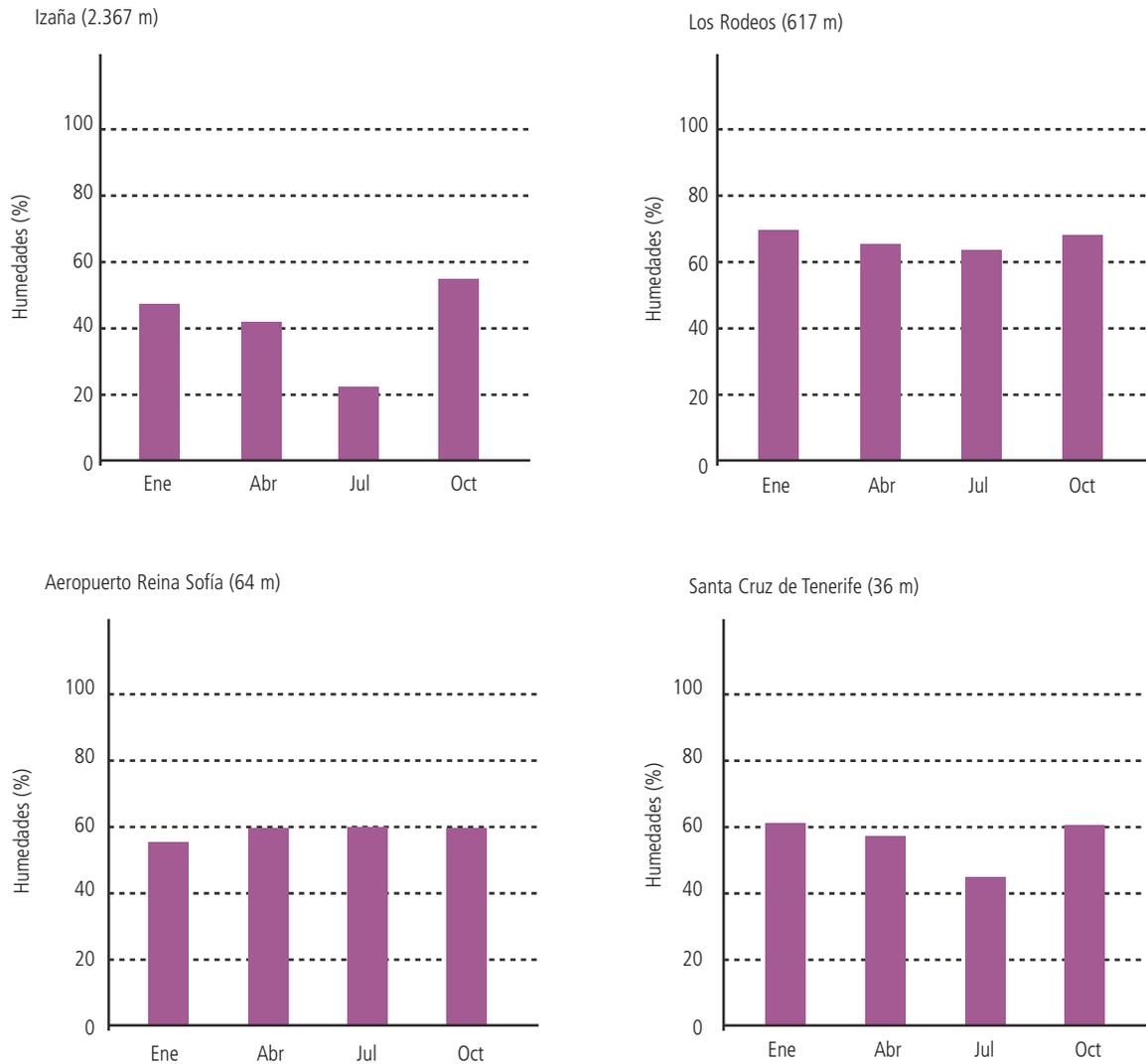
Las condiciones microclimáticas naturales permiten diferenciar la variación de las condiciones de localidades concretas en función de la microtopografía, el albedo del suelo, la cobertura vegetal y la distancia a la superficie del suelo.

En la figura 8.28 se describe la variación de la temperatura en función de las condiciones topográficas y del albedo entre zonas relativamente próximas, lo que puede condicionar la subsistencia de los organismos, su localización en áreas concretas, la calidad de vida humana, los diferentes cultivos y el aprovechamiento de estas condiciones para mejorar el confort térmico.

En zonas donde las temperaturas son muy altas o muy bajas los seres vivos pueden subsistir buscando refugio en el interior del suelo, mediante adaptaciones morfológicas y fisiológicas o alterando sus ritmos de actividad.

Microclimas en condiciones antrópicas

Además de la variación entre microhábitats naturales, se producen diferencias microclimáticas entre áreas debido a elementos artificiales, como el asfalto de las carreteras, los edificios y la

VARIACIÓN DE LA HUMEDAD A LO LARGO DEL AÑO Y A DIFERENTES ALTITUDES EN TENERIFE

“isla de calor” de las ciudades, que afectan a los organismos y a la subsistencia humana, así como a la calidad de vida y al desarrollo sostenible.

En la figura 8.29 se describen las grandes diferencias de temperatura que se producen entre localizaciones muy próximas debido a la variación de la temperatura en el exterior y en el interior del edificio, de la radiación incidente y emitida por las paredes, y del balance de calor en el interior de las paredes de una vivienda a lo largo de las 24 horas del día, evidenciándose un cierto retraso en la variación de la temperatura entre el exterior y el interior del muro en función de su inercia térmica. Por otro lado, la presencia de una zona acristalada permite garantizar cierta aportación de calor al interior del edificio que es función del coeficiente de captación solar del cristal.

Figura 8.25. Variación de la humedad de cuatro estaciones a lo largo del año. En las estaciones situadas por debajo de la capa de inversión es homogénea a lo largo del año, mientras que en las estaciones más elevadas el valor de la humedad es menor y aumentan las oscilaciones.

INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN SOBRE LA TEMPERATURA Y LA PRECIPITACIÓN EN TENERIFE EN ENERO

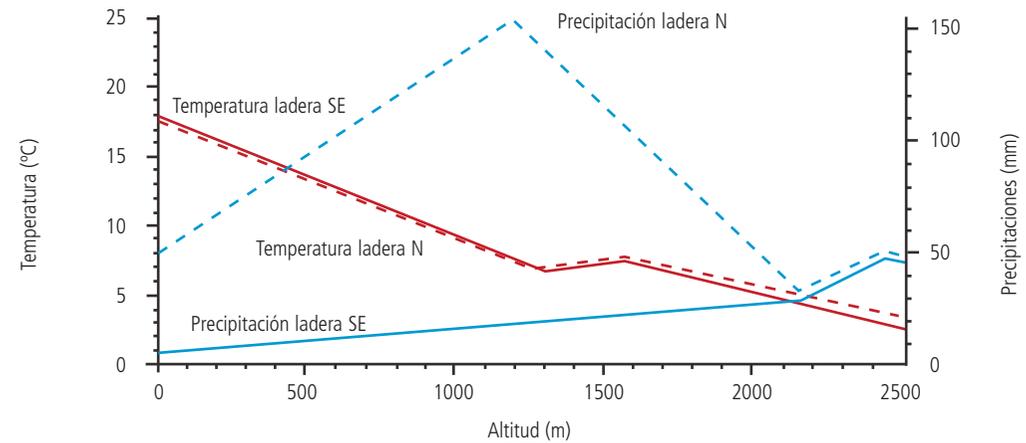


Figura 8.26. Distribución altitudinal de la temperatura y de la precipitación en las laderas norte y sudeste de Tenerife en enero. Los puntos de inflexión, tanto de la precipitación como de la temperatura, se producen debido al efecto de la capa de inversión.

IRRADIACIÓN DIARIA MEDIA ANUAL

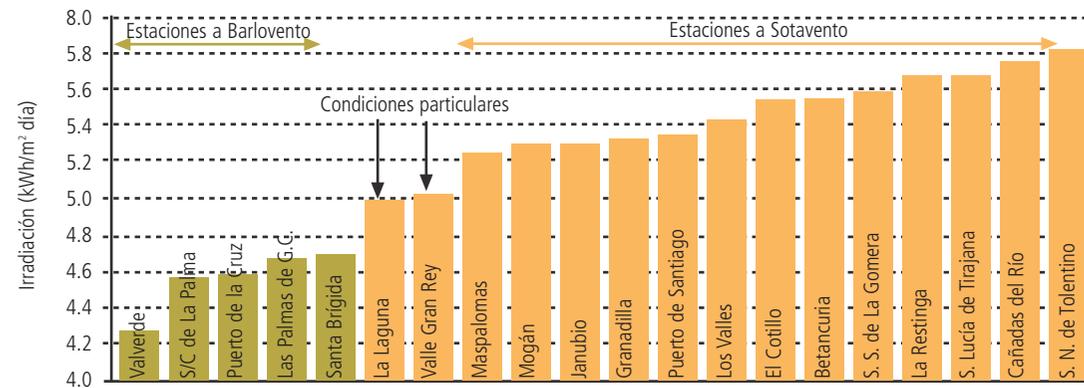


Figura 8.27. Media anual de la irradiación diaria de diferentes estaciones. Se aprecian diferencias entre las estaciones situadas a barlovento y a sotavento.

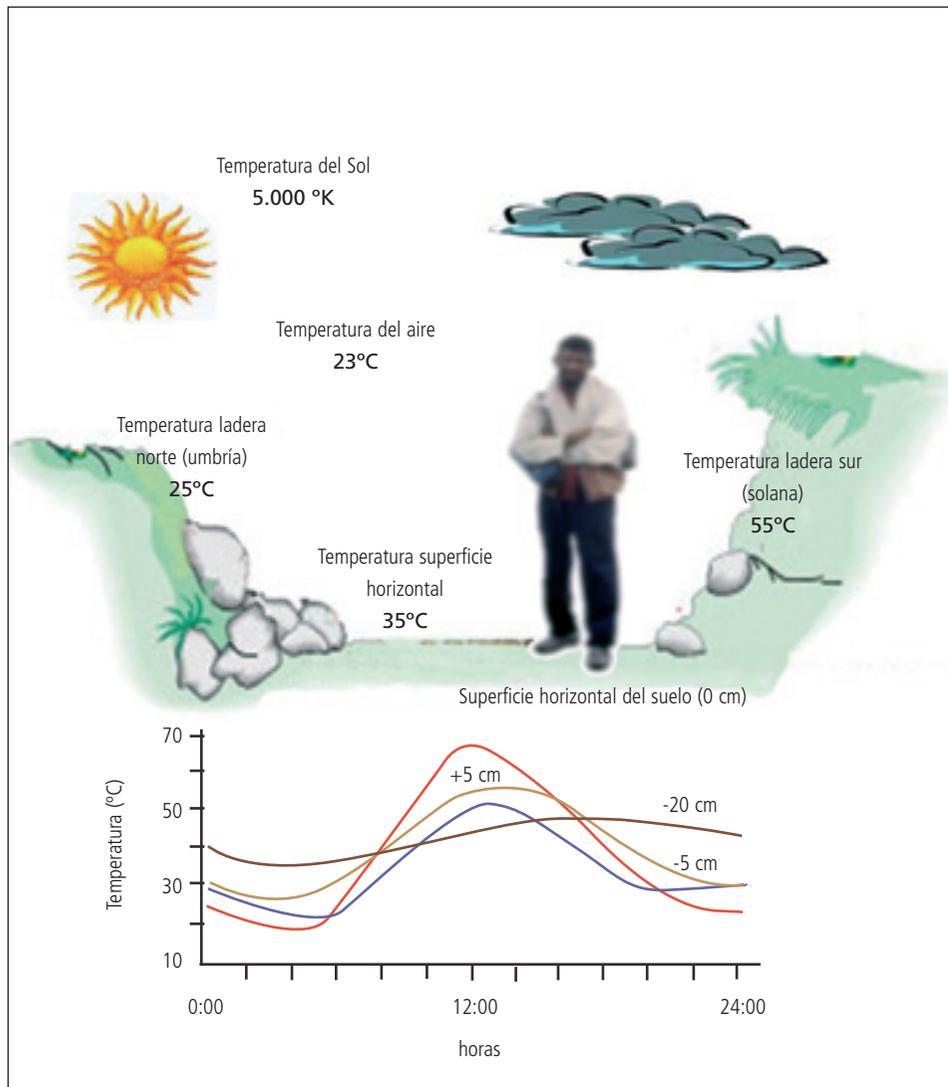


Figura 8.28. Diferencias microclimáticas en la distribución de la temperatura en áreas próximas de una misma localidad debido a la variación de la microtopografía, el albedo y la masa térmica. Además, la temperatura a lo largo del año varía por encima y por debajo de la superficie, apreciándose que la oscilación térmica disminuye al aumentar la profundidad bajo el suelo.

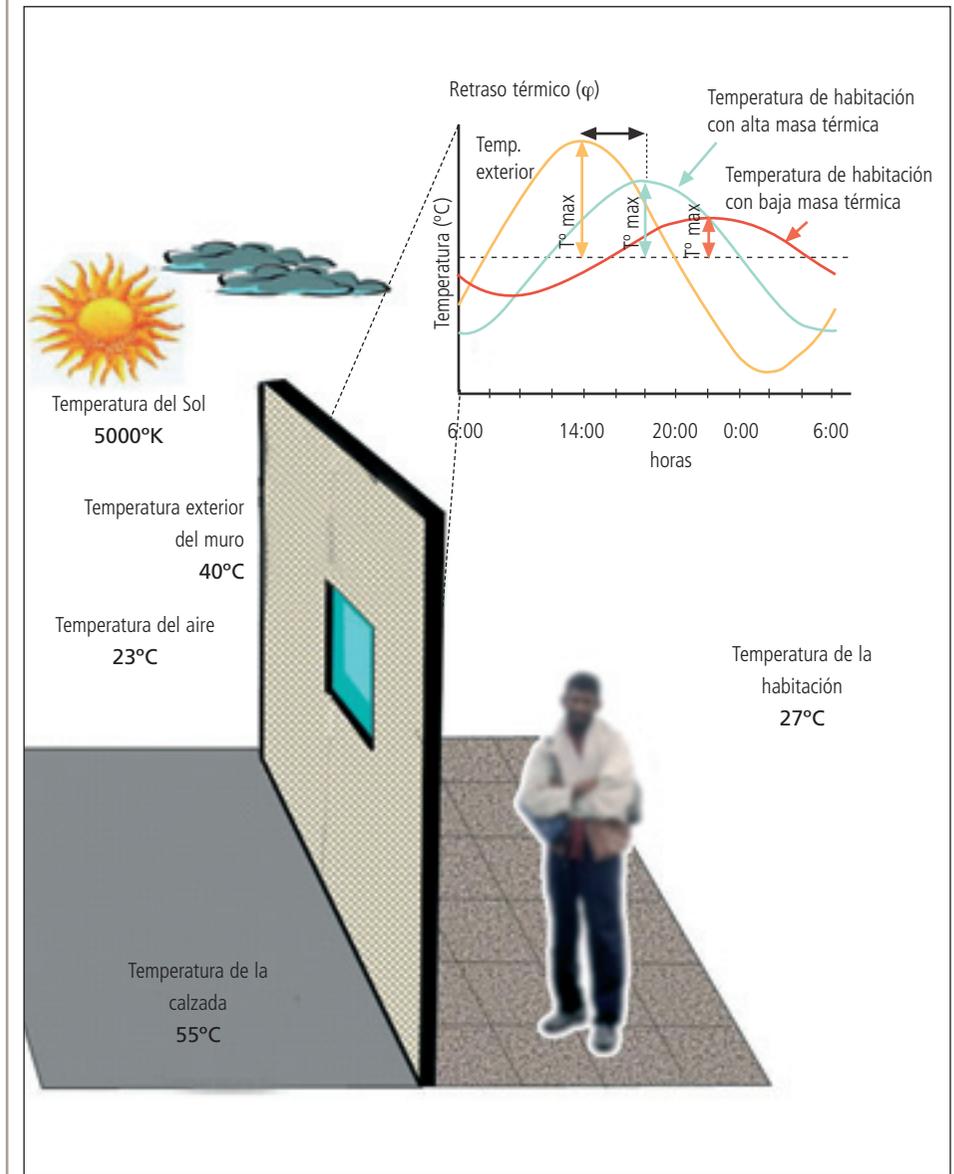


Figura 8.29. Efecto de las construcciones humanas sobre las diferencias microclimáticas que se producen en la temperatura entre áreas muy próximas.

9. CONDICIONANTES DEL CONFORT TÉRMICO

J.P. de Nicolás Sevillano, A. de los Santos Gómez, F. Ferrer Ferrer

RESUMEN

La solución al confort térmico de una edificación depende de múltiples factores externos e internos. Los primeros configuran el escenario en el que se enmarcan las múltiples características adaptativas internas que configuran los organismos. Dicho escenario está integrado por factores ecológicos como la radiación, la precipitación y la biodiversidad, y por los factores socioeconómicos como la disponibilidad de petróleo u otras fuentes de energía, la coyuntura económica, la visión sobre la realidad, el desarrollo científico y la tecnología, si bien entre los diferentes factores sólo se prestará especial atención a los más trascendentes como la disponibilidad de energía, la ecoeficiencia, la complejidad de los proyectos, la comprensión de las soluciones y la operatividad de la metodología.

Cuando la energía no es limitante, las soluciones adaptativas suelen optimizar la potencia, mientras que si la energía es limitante las soluciones adaptativas suelen optimizar la eficiencia energética.

Además, en ambos casos, la solución concreta depende de la complejidad de los proyectos. Así, mientras en el caso de proyectos simples se pueden lograr soluciones adaptativas aplicando criterios inspirados en la arquitectura popular y en las formulaciones de Vitrubio, en el caso de proyectos de complejidad media se ha recurrido a consumir energía fósil para mejorar el confort térmico, y cuando se trata de proyectos muy complejos como consecuencia de la crisis energética y ambiental, se precisa aplicar criterios de arquitectura bioclimática y mejorar la información climática gracias a la información climática ambientalista y la información climática sistémica.

VARIACIÓN MEDIOAMBIENTAL Y ADAPTACIÓN DE LOS ORGANISMOS

Dinámica de la Noosfera y adaptación de los organismos

La Noosfera representa el sistema que resulta de la interacción de los elementos, factores y procesos ecológicos de la Biosfera con los elementos, procesos, factores y condiciones socioeconómicas y culturales debidas a la acción humana. A ello contribuye el marco en el que se diferencian estructuras de carácter natural y cultural con diferente nivel de entidad, representadas por especies, poblaciones, ecosistemas, paisajes, ciudades, sociedades políticas y realidades culturales, entre las cuales subsisten las estructuras que presentan características adaptadas a las condiciones ambientales del escenario ambiental o medioambiental que condiciona su nicho o conjunto de condiciones necesarias para subsistir.

Desde la perspectiva en que se considera el concepto de la Noosfera, la realidad se considera fruto de cierto equilibrio entre las características de la Noosfera, el nicho de los organismos y su capacidad para adaptarse al cambio ambiental. A este respecto, el nicho se sitúa a caballo entre las condiciones ambientales, fruto de la dinámica de la Noosfera, y las adaptaciones de las especies, de las poblaciones y de las organizaciones, fruto de diferentes niveles de regulación que permite el ajuste entre la dinámica ecológica y socioeconómica y la adaptación de los esquemas y organizaciones (figura 9.1).

La regulación y ajuste de los organismos y organizaciones al cambio del medio, de cuyo resultado depende la subsistencia, se produce como resultado de procesos que actúan a diferentes niveles (figura 9.2).

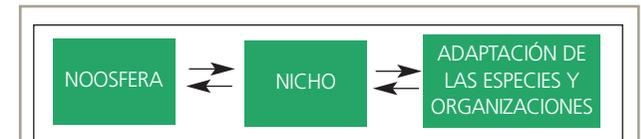


Figura 9.1. Relación entre la Noosfera y la adaptación de las especies y organizaciones.

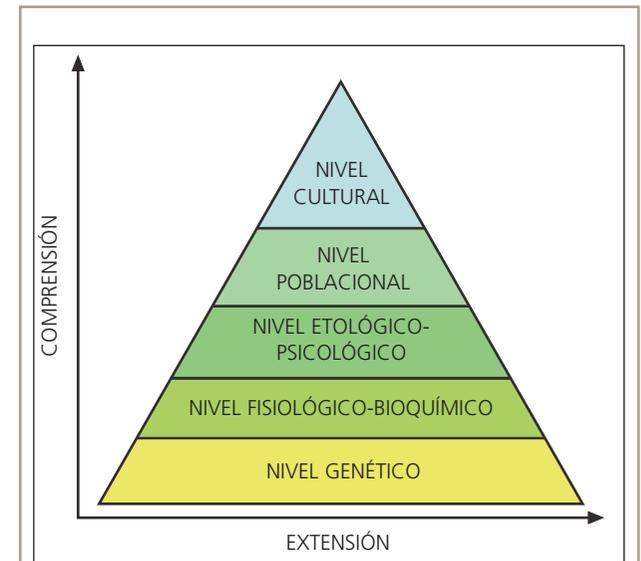


Figura 9.2. Diferentes niveles de regulación del ritmo de la población humana, subsistiendo las entidades que resultaran adaptativas.

Para ejemplificar la regulación a nivel genético se puede referir la diferenciación entre homeotermos y poiquilotermos; la regulación a nivel bioquímico se ejemplifica a través de la producción de calor interno para mantener estable la temperatura pese a la variación de la temperatura ambiental; la regulación a nivel fisiológico mediante la intervención de una serie de mecanismos que regula el intercambio de calor entre el cuerpo y el medio; la regulación a nivel etológico a través de la variación de las actividades de los organismos, la utilización de refugios y la migración como respuestas a las condiciones ambientales; y la regulación a nivel psicológico a través de la percepción, valoración y respuesta del confort térmico. Por último, la evolución cultural ha venido adquiriendo un importante papel, que en nuestro caso constituye o representa un papel clave.

Así, la realidad es resultado del equilibrio entre la dinámica de la Noosfera y la regulación genética, bioquímica, fisiológica, etológica, psicológica y cultural de los organismos y de las organizaciones, lo que se traduce en la ocupación de ciertos nichos, ocupación que depende de múltiples factores y que desde la perspectiva humana se puede asociar a los condicionantes de diferentes componentes de la subsistencia como la calidad de vida humana o el confort térmico.

El ajuste referido puede desfasarse cuando la dinámica de la Noosfera modifica el medio hacia una realidad simple de la dinámica evolutiva que regula el nicho de los organismos, en cuyo caso sólo cabe, para evitar la desaparición de algunas especies, poblaciones u organizaciones, recuperar el equilibrio perdido o alcanzar un nuevo equilibrio fruto de un proceso evolutivo cuya velocidad se adecúe a la velocidad de cambio ambiental.

Nicho humano y confort térmico

El nicho humano se diferencia del nicho del resto de los organismos porque además de los mecanismos de regulación biológica, intervienen mecanismos de regulación cultural como el desarrollo de tecnologías y sistemas de gestión que han posibilitado que las condiciones ambientales limiten menos la distribución y el tamaño de las poblaciones que el resto de los organismos. Esto ha ocurrido gracias al desarrollo de adaptaciones cul-

turales que han posibilitado que aumente continuamente el tamaño y distribución de la población humana al posibilitar resolver los problemas que limitan el crecimiento de otras poblaciones.

Entre los factores ambientales con especial importancia se encuentran los relacionados con la obtención de energía metabólica y extrametabólica, así como problemas relacionados con la adaptación a las condiciones bioclimáticas del medio a través de la evolución biológica y cultural de los organismos y de la población humana, problemas cuya complejidad ha ido aumentando con el tamaño de esta última.

Los primeros problemas culturales eran simples al depender de pocos factores, directamente perceptibles, como la variación de la temperatura local a corto plazo, que podían resolverse mediante adaptaciones culturales relativamente elementales surgidas por prueba y error y transmitidas a través de la cultura popular. Sin embargo, según fue aumentando la población, el desarrollo tecnológico y la utilización de energías fósiles, se intensificó la explotación del medio, se alteraron los mecanismos reguladores de la dinámica de la Noosfera y se provocaron desajustes entre las condiciones medioambientales y las características adaptativas de las diferentes especies, poblaciones y organizaciones socioeconómicas y culturales.

El desajuste se produce fundamentalmente al acelerarse los cambios ambientales mientras que permanece estable la capacidad de la evolución biológica para recuperar el equilibrio entre el medio ambiente, las características del nicho de los organismos y las adaptaciones de éstos, lo que puede llegar a motivar la desaparición de muchos de ellos debido a la limitación de la evolución biológica. Sin embargo, el hombre moderno ha logrado subsistir y crecer gracias a que su capacidad de evolución cultural le permite reconstruir el equilibrio perdido con las condiciones del medio o alcanzar nuevos equilibrios al aumentar la velocidad adaptativa hasta igualar a la velocidad de cambio del medio.

Gracias a la especial velocidad adaptativa que le confiere la evolución cultural, el hombre ha subsistido a numerosos cambios del medio, aumentando su población, el confort térmico y la calidad de vida a corto plazo. Sin embargo, el resultado a medio y

largo plazo no ha sido positivo debido a que, al alterarse los mecanismos de regulación ecológica se ha acelerado el cambio del medio ambiente, motivando desfases entre éste, el nicho humano y el nicho de otras especies, disminuyendo la calidad de vida humana a corto plazo y las posibilidades de subsistir a medio y largo plazo.

Ante la perspectiva expuesta, en el caso del hombre la situación podría superarse desarrollando adaptaciones culturales relacionadas con la gestión y la tecnología que permita aumentar la velocidad adaptativa hasta llegar a ser equivalente a la velocidad de los cambios, de forma que se garantice la subsistencia y la calidad de vida humana y la subsistencia del mayor número de especies, manteniendo en lo posible la biodiversidad.

Energía, condiciones climáticas y confort térmico.

Entre los factores claves para la subsistencia humana y de otros organismos se encuentran los relacionados con la obtención de energía y las condiciones de temperatura en la que se puede vivir lo que, a su vez, depende de la actuación de mecanismos de regulación que actúan a nivel genético, a nivel fisiológico, a nivel etológico, a nivel geológico y a nivel cultural, entre los cuales algunos adquieren especial protagonismo en un momento en función del tipo y velocidad de cambio del medio. Según las circunstancias, estos mecanismos de regulación pueden resultar más significativos unos que otros, en función del papel que desempeñan en la dinámica global con lo que es preciso conocerlos (genético, fisiológico, etológico, psicológico, culturalmente) para potenciar la evolución cultural, actuando de forma reflexiva a través de la planificación, el diseño y la gestión comprensiva.

REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA A NIVEL GENÉTICO

Organismos poiquilotermos y homeotermos

Los primeros organismos que aparecieron sobre la Tierra, hace unos 3.800 millones de años, eran organismos procariotas, esto es, organismos sin un núcleo diferenciado, que vivían en un ambiente con elevada temperatura, rico en CO₂, carentes de oxí-

geno y en el que la energía se obtenía de moléculas existían en el medio marino gracias a su metabolismo heterótrofo.

Posteriormente, hace unos 2000 millones de años, surgen las cianobacterias, organismos que captaban la energía de la radiación solar y que emitían O_2 gracias a un metabolismo autótrofo. El oxígeno que emitían se combinaba con el hierro disuelto en unos océanos de color pardo que le confería el hierro, formándose óxidos de hierro que se precipitaban al fondo, posibilitando que los mares fueran aclarándose, llegando a hacerse transparentes al precipitarse todo el hierro al fondo marino. Esto motivaría que, a partir de entonces, el O_2 se fuera acumulando en el agua marina hasta saturarla, iniciándose la difusión de oxígeno hacia la atmósfera, cuya concentración en O_2 aumentó hasta alcanzar el 21% de la composición del aire que existe en la actualidad.

El aumento de la concentración de O_2 tendría importantes consecuencias para los organismos anaerobios, debido a que para ellos el O_2 representaba un veneno que imposibilitaba su existencia excepto en zonas concretas en las que se mantenían las condiciones anaerobias, lo que motivó por un lado, la desaparición de multitud de organismos heterótrofos y, por otro, posibilitó que adquirieran valor adaptativo, aumentaran y se diversificaran extraordinariamente los pocos organismos aerobios que pudieran existir, gracias a aprovechar la potencia que les confería la utilización del oxígeno para obtener energía.

La especial capacidad energética de los organismos aerobios posibilitó que progresara la evolución y que se desarrollaran células con un núcleo que se conocen como eucariotas y que presentan características similares a las que forman nuestro cuerpo.

Las eucariotas evolucionaron durante cientos de millones de años hasta que, hace unos 600 millones de años, surgieron los primeros organismos pluricelulares, experimentando hace 500 millones de años un importante salto evolutivo que dio lugar a la extraordinaria diversificación biológica que se conoce como "explosión del Cámbrico" en la que proliferaron los organismos antecesores de los tres grandes grupos filogenéticos: los moluscos, los artrópodos y los vertebrados. Todos ellos se caracterizarían porque su temperatura interna y su actividad estaban estre-

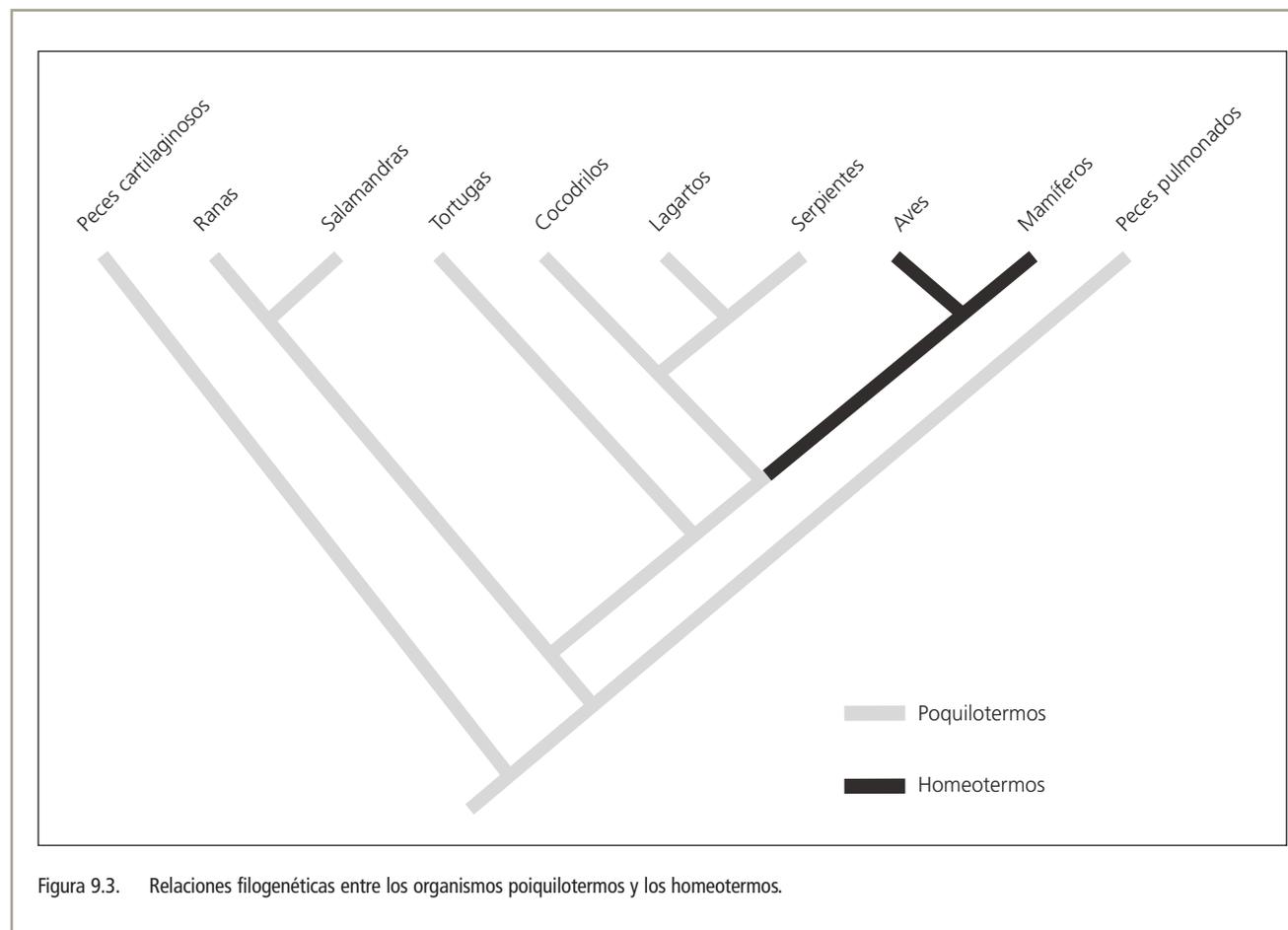


Figura 9.3. Relaciones filogenéticas entre los organismos poiquiloterms y los homeoterms.

chamente condicionadas por la temperatura ambiente, sólo integrada mediante la relación del efecto aislante de la cubierta externa y la inercia térmica de la biomasa, motivos por los que se califica a estos organismos de organismos de "sangre fría" o poiquiloterms.

Aparición de los homeoterms

Hace unos 200 millones de años, dentro del grupo de los vertebrados, se diferenciaron los homeoterms, organismos que podían mantener relativamente estable la temperatura interna

peste a la variación de la temperatura ambiente, gracias a que su metabolismo generaba calor interno (endoterms) y a que presentaban adaptaciones fisiológicas y etológicas que regulaban el intercambio de calor entre el interior del organismo y el medio.

Los organismos homeoterms están representados actualmente por las aves y los mamíferos (figura 9.3) cuyos antecesores podían competir con los poiquiloterms gracias a la capacidad que les confería la homeotermia, que les permitía permanecer activos durante un intervalo más amplio de temperatura ambiente, sin tener que reducir su actividad y permanecer aletargados

durante la noche, el invierno y en zonas frías, lo cual permitió que aumentara su tamaño poblacional y su biodiversidad.

Evolución biológica del hombre moderno

Fruto del intenso proceso evolutivo de los homeotermos, dentro del grupo de los mamíferos se desarrollaron los homínidos, dando lugar a diferentes especies del género *Homo* en cuya evolución empezó su importante papel, la adaptación al nicho climático específico condicionado por los importantes cambios climáticos experimentados por la Noosfera, caracterizados por la dimensión de las precipitaciones en el África occidental. Estas condiciones llevaron al género *Homo*, a través de importantes adaptaciones, a la adquisición del desplazamiento bípedo, lo que permitió obtener, entre otros caracteres adaptativos, la reducción de la radiación solar incidente sobre el cuerpo. Hace unos 200.000 años surgió el hombre moderno, caracterizado por presentar un elevado desarrollo cerebral que le permitía generar adaptaciones culturales capaces de permitir que aumentara continuamente el tamaño de su población.

Las primeras poblaciones humanas fueron adquiriendo adaptaciones culturales elementales que, gracias a que les conferían capacidades adaptativas a corto plazo, les permitió ampliar el tamaño y distribución de su población. Este aumento les obligó a intensificar la explotación del medio para garantizar su subsistencia, originando como efecto secundario la simplificación de la estructura de la alteración de los mecanismos reguladores de los ecosistemas y diversos cambios ambientales relativamente rápidos que afectaron negativamente al crecimiento y a la subsistencia de la población humana, a medio y largo plazo, debido al desfase entre las condiciones del medio y el nicho ambiental, a lo que se unió que las adaptaciones biológicas (bioquímicas, fisiológicas y etológicas) que regulaban la adaptación al medio se produjeron lentamente en el objetivo de restaurar el equilibrio con el medio o de crear nuevos equilibrios: la velocidad del cambio ambiental superaba a la capacidad evolutiva de la especie.

En el escenario de cambio referido al cambio realimentado por el crecimiento de la especie humana desaparecieron diversas especies, incluidas algunas del género *Homo*, pero el hombre

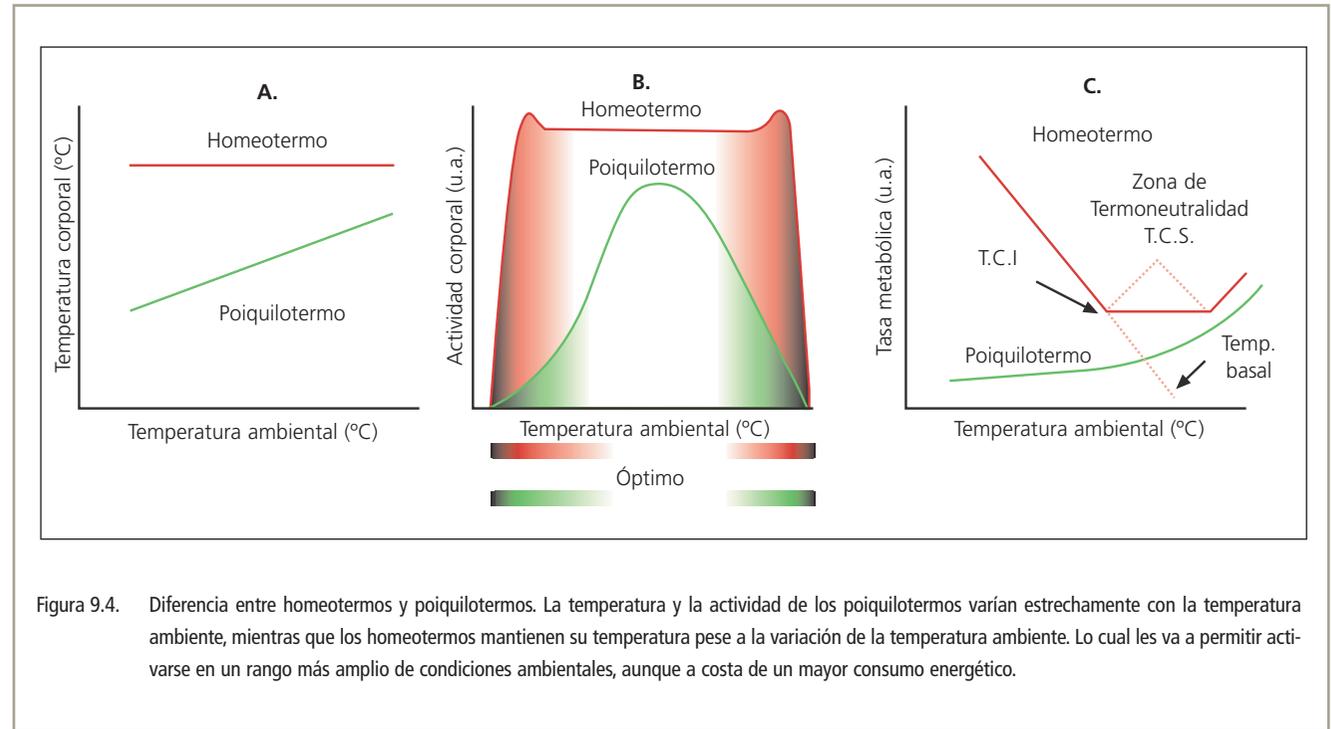


Figura 9.4. Diferencia entre homeotermos y poiquilotermos. La temperatura y la actividad de los poiquilotermos varían estrechamente con la temperatura ambiente, mientras que los homeotermos mantienen su temperatura pese a la variación de la temperatura ambiente. Lo cual les va a permitir activarse en un rango más amplio de condiciones ambientales, aunque a costa de un mayor consumo energético.

moderno pudo subsistir gracias a la capacidad de su cerebro para la evolución cultural, que le permitió desarrollar, al ritmo de los cambios del medio, adaptaciones culturales capaces de restablecer rápidamente el equilibrio del nicho humano con las condiciones del medio ambiente, superando problemas de diferente grado de complejidad.

ADAPTACIONES BIOQUÍMICAS, FISIOLÓGICAS Y ETOLÓGICAS DE LA TEMPERATURA

Adaptación bioquímica

Para ilustrar la regulación bioquímica resulta ilustrativo analizar las diferencias entre los poiquilotermos y los homeotermos. En la figura 9.4 se aprecia que la temperatura interna y la actividad de los poiquilotermos depende directa y estrechamente de la temperatura ambiente, mientras en el caso de los homeoter-

mos la temperatura y la actividad se mantiene homogénea pese al cambio ambiental gracias a presentar adaptaciones en su metabolismo que les permite generar calor (endotermos), adaptaciones fisiológicas que permiten regular el flujo de calor con el medio y adaptaciones etológicas que les permiten seleccionar situaciones más favorables para la subsistencia, que requiere garantizar en el caso de la población humana una temperatura interna en torno a los 37 °C.

En la figura 9.4 se describen las diferencias entre los poiquilotermos y los homeotermos en cuanto a la relación entre la temperatura interna y la tasa metabólica. En los poiquilotermos (A) la temperatura varía linealmente con la temperatura ambiente, mientras que en los homeotermos la temperatura permanece constante pese a variar la temperatura ambiente, al menos dentro de cierto rango. Además, se aprecia (B) que como el rango de temperatura en el cual los homeotermos desempeñan una actividad nor-

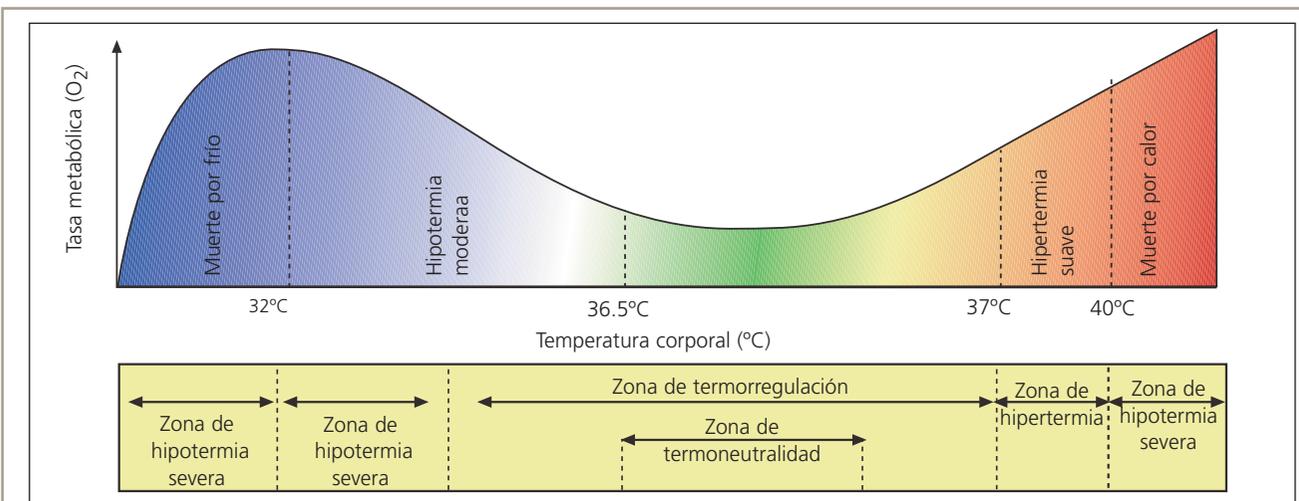


Figura 9.5. Temperatura humana y tasa metabólica. Se especifican diferentes intervalos de temperatura: de confort térmico, de termoneutralidad, de homeotermia, de hipotermia, de hipertermia, de muerte por frío y de muerte por calor.

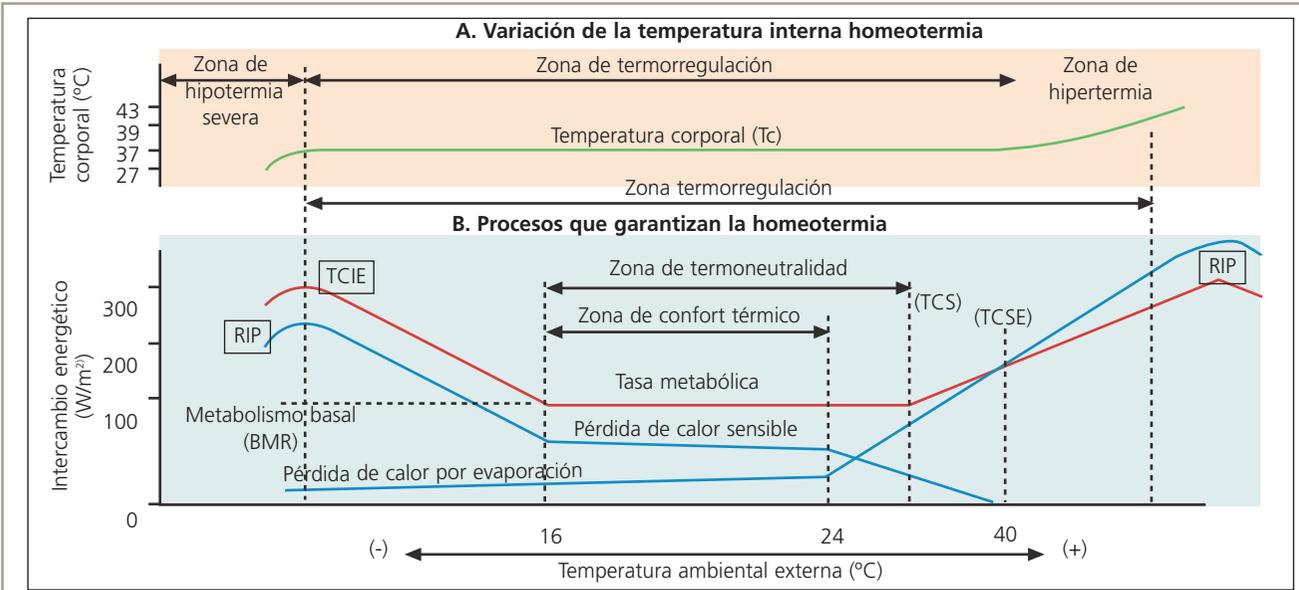


Figura 9.6. Regulación de la temperatura interna del cuerpo humano. Se diferencian varios intervalos y se especifican los procesos intervinientes en la regulación. Dentro del intervalo definido entre la temperatura crítica inferior efectiva (TCIE) y la temperatura crítica superior efectiva (TCSE), el hombre puede regular su temperatura consumiendo más alimentos y poniendo en funcionamiento mecanismos fisiológicos que regulan el intervalo de calor sensible con el exterior por conducción y por sudoración.

mal es más amplio en el caso de los poiquiloterms, éstos presentan periodos de letargo durante la noche y durante las estaciones frías debido a que disminuye su temperatura. Por último, en (C) se reconoce que el consumo de energía (tasa metabólica) y su variación es menor en los poiquiloterms que en los homeoterms, pues éstos presentan grandes variaciones en función de las condiciones del medio, siendo relativamente baja en la zona de termoneutralidad, entre la temperatura crítica inferior (TCI) y la temperatura crítica superior (TCS), aumentando el consumo de energía cuando la temperatura ambiente se sitúa por encima o por debajo de la TCS o de la TCI respectivamente debido a que se consume en los mecanismos de regulación de la temperatura.

En la figura 9.5 se describe con más detalle la variación de la tasa metabólica en función de la temperatura, apreciándose que la zona de termoneutralidad, entre los 35,7 °C y 37 °C, la tasa metabólica permanece relativamente constante, aumentando en la zona de termorregulación debido al consumo de energía de los mecanismos de regulación térmica, que al ampliarse el intervalo de temperatura ambiente disminuyen su eficacia aumentando la hipotermia o la hipertermia hasta el extremo de producir la muerte por frío o por calor.

En la figura 9.6 se muestra cómo en la zona de termoneutralidad la tasa metabólica (MR) es constante, correspondiéndole el valor del metabolismo basal (BMR), aumentando fuera de este intervalo debido a la entrada en funcionamiento de mecanismos metabólicos y fisiológicos de regulación la temperatura que permanece constante en la zona de termorregulación gracias a la intervención de diferentes mecanismos, como la regulación de la producción de calor interno y la regulación de pérdidas de calor sensible y de calor latente por evaporación. Tal estabilidad no exige el consumo de energía en la zona de termoneutralidad, lo que permite una tasa metabólica constante, mientras que fuera de este intervalo se necesita consumir energía para favorecer la disminución de la temperatura aumentando la pérdida de calor sensible y por evaporación cuando aumenta demasiado la temperatura, o favoreciendo la producción de calor interno y minimizando esas pérdidas de calor cuando hace frío.

Regulación fisiológica

La regulación bioquímica de la temperatura se complementa con la regulación fisiológica que garantiza que dentro de la "zona de termoneutralidad térmica efectiva" (INTE), entre la temperatura crítica inferior efectiva (TCIE) y la temperatura crítica superior efectiva (TCSE), la temperatura interior permanezca estable gracias a la intervención de mecanismos fisiológicos que complementan la acción de la regulación bioquímica sobre la tasa metabólica mediante mecanismos que regulan el intercambio de calor con el exterior.

Durante el invierno, cuando la temperatura ambiente (T_a) se sitúa por debajo de la TCI ($T_a < TCI$), es posible mantener la temperatura interna gracias a la producción de calor mediante escalofríos y aumentando la ingestión de alimentos; durante el verano, cuando la temperatura ambiente supera a la temperatura crítica ($T_a > TCS$), se puede reducir la temperatura interna aumentando la evaporación mediante la sudoración, el jadeo y reduciendo la ingesta de alimentos. Sin embargo, cuando la temperatura ambiente (T_b) supera la "temperatura crítica superior efectiva" ($T_b > TCSE$) o se sitúa por debajo de la "temperatura crítica inferior efectiva" ($T_b < TCIE$), resulta difícil regular la temperatura, pudiendo aumentar la hipertermia o la hipotermia hasta producirse la muerte.

Los mecanismos de regulación fisiológica están regulados por el sistema hormonal y el sistema nervioso que a su vez interactúan entre sí (figura 9.7). Cuando la temperatura externa es baja, el sistema hormonal estimula la producción de calor a nivel bioquímico y reduce la pérdida de calor a nivel fisiológico estimulando la constricción de los vasos sanguíneos, que motivan que disminuya el intercambio de calor con el medio; si la temperatura ambiental es elevada, hace que disminuya la producción de calor interno a la vez que se estimula la pérdida de calor al favorecer la dilatación de los vasos sanguíneos.

Por otro lado, la temperatura interna del cuerpo no está influida solamente por la temperatura ambiente, sino que se encuentra condicionada por otros factores ambientales. Entre éstos se encuentra la radiación solar, que incide sobre la piel contribuyendo a aumentar la temperatura interna y la humedad del

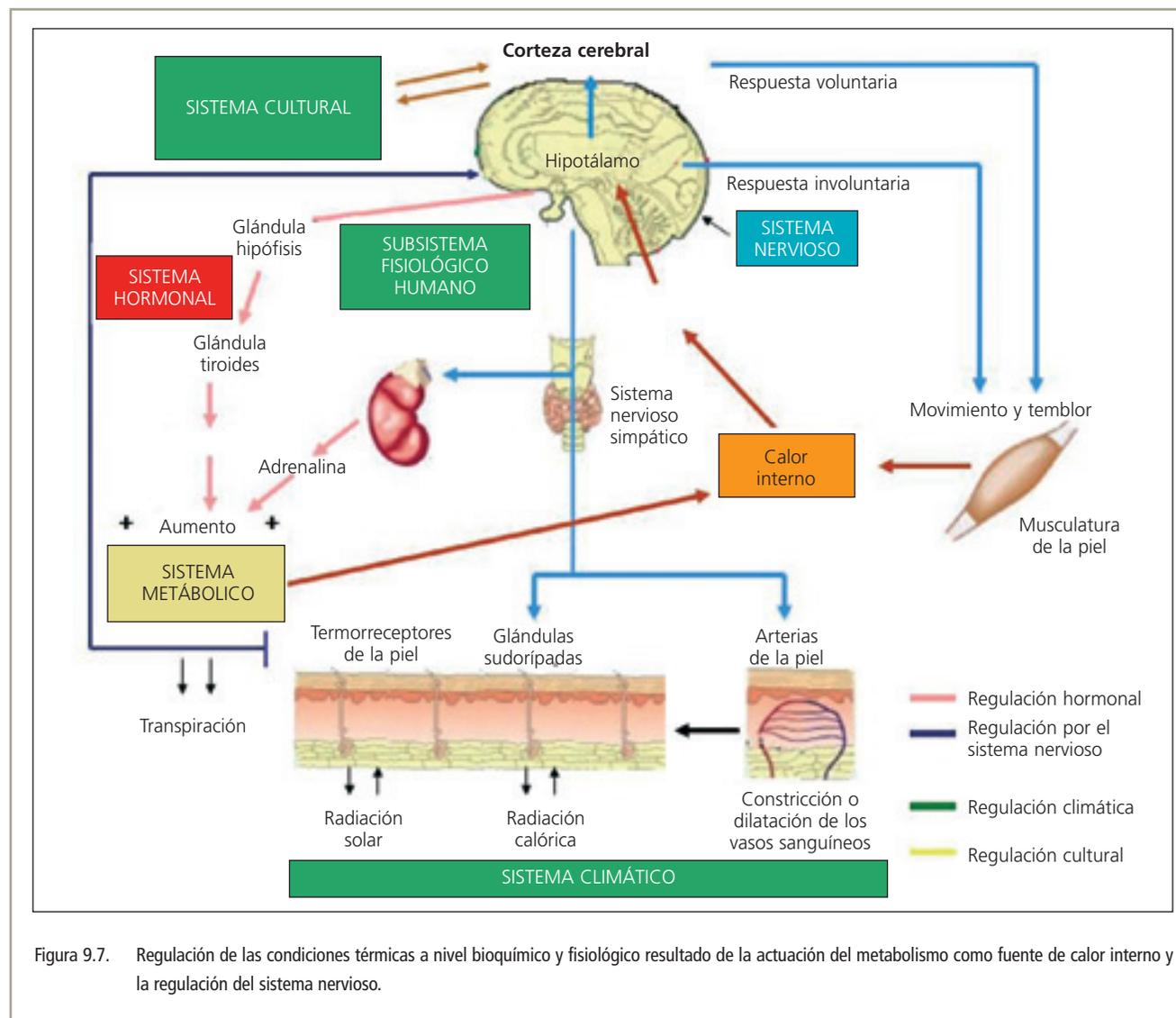


Figura 9.7. Regulación de las condiciones térmicas a nivel bioquímico y fisiológico resultado de la actuación del metabolismo como fuente de calor interno y la regulación del sistema nervioso.

aire y la velocidad del viento, que condicionan la intensidad de la evaporación (que al requerir tomar calor para producirse actúa como refrigerante sobre la piel), y la intensidad de la condensación, (que produce un efecto contrario motivado por el desprendimiento del calor latente incorporado al vapor durante la evaporación).

Adaptación etológica

El comportamiento etológico se refiere al conjunto de respuestas en el comportamiento de los organismos que se producen debido a la variación de la percepción sensible de las condiciones del medio. Se trata de respuestas complejas que dependen de la variación del medio, de la sensibilidad de los organis-

mos y de su percepción, y del tipo de respuesta desencadenada en el comportamiento de los organismos, que se puede traducir en la construcción de refugios o en movimientos migratorios durante los periodos críticos por resultar demasiado fríos o demasiado calurosos, que tienen un importante valor adaptativo al permitirle superar condiciones adversas (un ejemplo es el caso de las migraciones que experimentan las aves y muchos mamíferos, que son desencadenados directa o indirectamente por la variación de la temperatura y de la precipitación). Tales respuestas pueden afectar en cierta medida a la especie humana, si bien en ésta se ven alterados por la intervención de mecanismos reguladores psicológicos que regulan la percepción del confort térmico y por los mecanismos de regulación cultural que contribuyen a que se hereden determinados patrones de conducta definidos culturalmente.

EVOLUCIÓN DE LA PERCEPCIÓN PSICOLÓGICA DEL CONFORT TÉRMICO

Factores limitantes

En la población humana, la regulación biológica de la temperatura (metabólica, fisiológica y etológica) se ve mediatizada por los componentes psicológicos y culturales que condicionan la percepción del confort térmico y por la respuesta, en cierta medida etológica pero fundamentalmente cultural, que lleva a utilizar prendas de vestir, a construir refugios y a edificar construcciones, lo que ha permitido al hombre moderno explorar y subsistir fuera de la zona tropical de origen. Así, el nicho climático del hombre moderno está fuertemente condicionado por la percepción del confort térmico, que integra elementos sensibles con otros psicológicos junto a adaptaciones culturales que lo condicionan, para cuya determinación se necesita valorar estadísticamente la percepción del confort térmico y determinar la significación de diferentes factores climáticos, psicológicos y culturales. Para esto se precisa evaluar estadísticamente mediante encuestas la valoración sobre la percepción del confort térmico y analizar después sus relaciones con diferentes factores.

Análisis del efecto de una variable

Los factores que condicionan el confort térmico se pueden analizar en condiciones controladas de campo considerando solamente uno, dos o tres factores ambientales como la temperatura, la humedad u otros parámetros, recurriendo a valorar la percepción del confort mediante muestreos estratificados para determinar los factores ambientales más significativos. Tal valoración de los factores más significativos sirven como punto de partida para calcular índices sobre confort térmico o elaborar diagramas bioclimáticos.

En la figura 9.8 se describe la distribución de la valoración del grado de satisfacción térmica percibida por 1.300 personas en función de la temperatura ambiente, apreciándose que entre los 25 °C y los 28 °C, la mayoría de las personas consideran que la situación es agradable; por debajo de 25 °C, la mayoría valora la situación como fría, mientras que por encima de los 28 °C la mayoría valora que la situación es calurosa. Esto es atribuible a que, además de la influencia de la temperatura, intervienen otros factores como la humedad, la radiación, la velocidad del viento y la sensibilidad de cada persona, lo que al no considerarse en el análisis, condiciona la dispersión de los resultados.

Efecto de más de una variable

Para reducir la dispersión de las estimaciones se recurre a elaborar distribuciones bidimensionales como la que recoge la figura 9.9, en la que se representa la influencia de la temperatura y de la velocidad del aire sobre el confort térmico en condiciones constantes de humedad relativa del 50%.

Integración de múltiples variables. Índices y diagramas

En la práctica, para evaluar el nicho asociado al confort térmico se precisa tener en cuenta el efecto de más de dos factores, por ejemplo, la temperatura y la velocidad del viento, dado que otros factores como la radiación solar, el viento, la sensibilidad personal y sus interacciones resultan significativas, por lo que se recurre a integrar diversos factores que han resultado significativos al analizarse individualmente median-

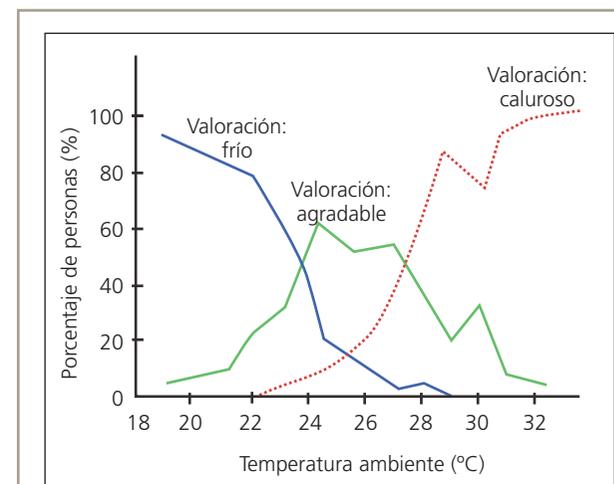


Figura 9.8. Percepción de las condiciones térmicas de 1.300 personas. Se proporciona el porcentaje de personas que valoran el ambiente como frío, agradable o caluroso.

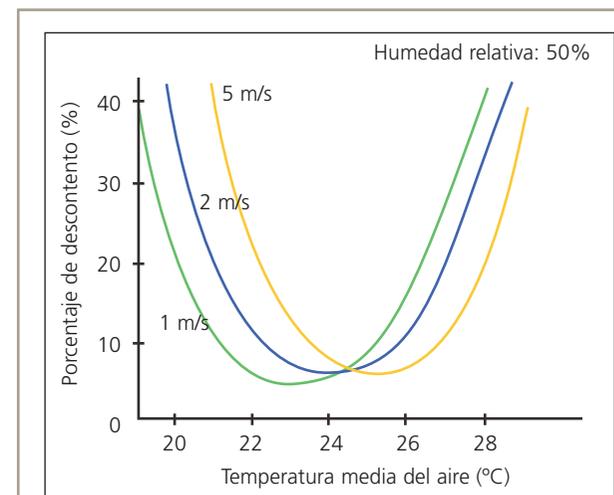


Figura 9.9. Variación del % de personas descontentas con el grado de confort térmico en función de la temperatura y de la velocidad del viento para una humedad relativa del 50%.

te la elaboración de índices de confort térmico y diagramas bioclimáticos.

Entre los índices de valoración del confort térmico aceptados de forma general, el índice PMV (Predicted Mean Vote) varía entre -3 (mucho frío) y +3 (mucho calor), correspondiendo al valor 0 las mejores condiciones de confort. También se acepta el PPD (Percentage of People Dissatisfied) o porcentaje de personas insatisfechas ya que se distribuye siguiendo una distribución de frecuencias gaussiana.

Los diagramas bioclimáticos presentan la ventaja de que permiten visualizar gráficamente la información sobre la interacción entre diversos factores ambientales y su contribución a la variación de la percepción del confort térmico. Estos diagramas bioclimáticos pueden ser generales, como los diagramas de Walter o la clasificación climática de Köppen, elaborados inicialmente para interpretar la variación de la vegetación, pero que resultan también de utilidad para reflejar condiciones bioclimáticas significativas para la arquitectura bioclimática aunque sea de una forma medianamente precisa que además presenta la ventaja de disponerse de esta información para multitud de localidades o elaborados específicamente para valorar el confort térmico, o como los diagramas de Olgay y de Givoni, que permiten obtener resultados más precisos del nicho térmico de cada población, pero presentan el problema de que no se dispone de la información climática necesaria más que para un número reducido de localidades.

La información que ofrecen los índices bioclimáticos, los diagramas bioclimáticos generales, y mejor aún, los diagramas bioclimáticos específicos para la arquitectura bioclimática y la descripción del nicho térmico ligado al confort térmico o el nicho térmico general, permite interpretar la adecuación de diferentes soluciones culturales surgidas a lo largo de la historia y en diferentes partes del mundo, así como definir criterios de gestión y de diseño en función de la disponibilidad de energía, la complejidad de proyectos y la información climática significativa disponible a diferentes escalas.

CONFORT TÉRMICO, DESARROLLO CULTURAL Y EDIFICACIÓN

Diferentes componentes de variación

En la actualidad, fruto de la crisis energética y ambiental derivada del aumento de población, del incremento del consumo de combustibles fósiles y de la intensificación de la explotación de los ecosistemas, se necesita mejorar la eficiencia energética de las actividades más consumidoras de energía, como la edificación. Esto ha llevado a plantearse la conveniencia de desarrollar una arquitectura bioclimática que garantice el confort térmico con eficiencia energética fruto de aprovechar los recursos naturales del clima adecuando el diseño y la gestión a la dinámica del clima. Tal dinámica además viene condicionada por la información sobre el clima que ha variado a través de la historia, cabiendo diferenciar al respecto diferentes visiones populares, la visión naturalista de la Antigüedad, la visión científico-analítica y la visión ambientalista y sistémica y, de forma paralela, variando las formas constructivas, primero con situaciones por prueba y error, y después aplicando concepciones y métodos formales para aprovechar los recursos naturales del clima, fruto de comprender con más precisión la relación entre el clima, la edificación y el confort térmico.

En general, la visión asumida sobre el clima ha condicionado el diseño de los edificios y la planificación urbana, los cuales han variado a lo largo de la historia en función de la disponibilidad de energía, de la evolución cultural de la visión sobre el clima, de la complejidad de los problemas y del desarrollo tecnológico. Así, en función de la complejidad de los problemas, ha variado el tipo de información sobre el clima considerado en el diseño bioclimático para recuperar el equilibrio entre las condiciones ambientales de la Noosfera, el nicho climático y las características adaptativas de la población humana.

Hasta la Antigüedad clásica, la relación entre clima y edificación ha estado condicionada fundamentalmente por la información derivada de la cultura tradicional y por la cultura bioclimática, formalmente desarrollada en la Antigüedad en torno a la visión naturalista de Herodoto sobre el clima y en la visión de Vitrubio sobre la interacción entre clima y edificación.

Posteriormente, durante el Renacimiento se incorpora una nueva visión científica sobre el clima que sirvió de fundamento para el desarrollo de una importante tecnología que permitía garantizar el confort térmico consumiendo energía.

Más recientemente, sin embargo, durante la segunda mitad del siglo XX y como respuesta a la crisis ambiental, se desarrolla la arquitectura bioclimática como alternativa a los planteamientos ambientales del movimiento arquitectónico moderno de principios del XX, reconociendo la conveniencia de aprovechar los recursos climáticos naturales como la luz solar y la temperatura, el viento y otros recursos naturales del clima, para mejorar la eficiencia energética. Sin embargo, ante la acumulación de problemas sucesivamente más complejos producidos durante el siglo XXI, se precisa no limitarse a utilizar una información climática multidisciplinar como la visión ambientalista, sino asumir una visión más comprensiva representada por la visión sistémica del clima que tenga en cuenta los mecanismos de regulación a diferentes niveles (bioquímico, fisiológico, etológico, psicológico y cultural) y la información significativa a diferentes escalas, sin limitarse a considerar solamente unos pocos factores para, sobre esa base, mejorar el diseño de los edificios aprovechando respecto la información climática significativa; además se precisa incorporar también una metodología científica adaptativa.

En general, las diferentes soluciones culturales añadidas a lo largo de la historia han venido interpretando la información en términos simplistas de verdad o de error, que puede resultar adecuada en el caso de los proyectos elementales, pero que resulta inadecuada en el caso de proyectos complejos en los que intervienen múltiples factores. En estos casos, la selección del diseño exige tener en cuenta múltiples factores que lo complican, si bien se puede simplificar recurriendo a clasificar los factores a considerar diferenciando una serie de componentes principales de variación relacionados con factores especialmente significativos, tal como la disponibilidad de energía, la complejidad de los proyectos, la percepción más o menos directa de la información, la comprensión de la visión asumida, incluyendo la generación de sinergias positivas o negativas, la operatividad de la metodología, el coste de las diferentes soluciones y la aceptación social de

los proyectos y del enfoque en orden a aprovechar las condiciones naturales para mejorar la eficiencia energética.

Disponibilidad de energía y estrategias de actuación

El análisis de las soluciones culturales creadas a lo largo de la historia en diferentes ámbitos climáticos evidencia que cuando la energía no es limitante, las soluciones adaptativas se caracterizan por maximizar el uso de la energía (estrategia potente) para aumentar su capacidad de respuesta a las limitaciones del medio físico-químico y la competencia. Sin embargo, si la energía es limitante, por ser escasa o por producir efectos ambientales negativos, las soluciones adaptativas se caracterizan por maximizar la eficiencia energética (estrategia eficiente), lo cual está relacionado con el descubrimiento de nuevas fuentes de energía y con su posible agotamiento real.

Mientras la energía fue limitante, las soluciones constructivas han hecho un uso eficiente de la energía, como evidencia la arquitectura popular bioclimática y los planteamientos bioclimáticos de Vitrubio. Sin embargo, con motivo del desarrollo científico de los siglos XVI y XVII y de la revolución industrial de los siglos XVIII y XIX que posibilitó el uso de nuevas fuentes de energía como el carbón y el petróleo, se vino a asumir una estrategia consistente en el empleo intensivo de la energía para garantizar el confort térmico, desarrollándose al respecto diferentes sistemas de calefacción y de refrigeración que resultan adaptativas a corto plazo, posibilitando aumentar el tamaño de la población, ampliar su distribución y mejorar el confort térmico. Pero a medio y largo plazo se generan efectos secundarios negativos de carácter económico, geoestratégico y ambiental, derivados de la aceleración de un proceso de desarrollo que partía de que el conocimiento científico era cierto, acumulativo y que garantizaba un desarrollo tecnológico capaz de resolver todos los problemas humanos.

Sin embargo, durante las primeras décadas del siglo XX se vino a reconocer que el conocimiento científico basado en la inducción científica no garantizaba un conocimiento cierto, formulando Popper como alternativa la idea del conocimiento falsacionista, perspectiva modificada por su alumno Lakatos, que

propuso la idea de programas de trabajo. Además, Kuhn puso en evidencia que el progreso del conocimiento científico no era continuo ni acumulativo, sino que periódicamente se producían cambios revolucionarios (cambios de paradigma) caracterizados por variar los principios y la metodología que configuran la visión sobre la realidad y el conocimiento, visión que presentaba el inconveniente de introducir planteamientos irracionales en el desarrollo de la ciencia que pueden resolverse asumiendo una visión evolutiva del conocimiento científico, al estilo de la formulada por Laudan que guarda cierta analogía con la evolución biológica por variación y selección. Sin embargo, estas reflexiones epistemológicas se circunscribían a ámbitos intelectuales sin alcanzar incidencia en la dinámica social, que continuó asumiendo como ciertos los principios de la ciencia analítica, la libertad de comercio y la bondad de la tecnología.

La situación comenzaría a cambiar cuando durante la segunda mitad del siglo XX se vino a reconocer que el modelo de desarrollo tecnológico imperante, lejos de resolver todos los problemas, genera problemas ambientales de gran repercusión, reconociéndose la necesidad de introducir cambios en el modelo de desarrollo incorporando objetivos ambientales, que debían alcanzarse sin alterar la visión sobre la realidad, y realizando pequeños ajustes en el tipo de información en torno a las ciencias ambientales que suponen reajustes materiales en la ciencia convencional que se tomarían como base para la gestión ambientalista, un enfoque que permitió resolver algunos problemas más simples.

Los problemas complejos que dependían de múltiples variables, entre las cuales se producen interacciones no lineales, no sólo a escala local y micro consideradas en la ciencia convencional, sino también a escala meso y macro (global), se multiplicaban, contribuyendo a que los problemas fueran más complejos, poniendo en evidencia la necesidad de incorporar cambios en la visión de la realidad y en la metodología más profunda, no limitándose a utilizar información unidisciplinar ambientalista y a aplicar una metodología reduccionista. Así, fue preciso incorporar una manera de pensar más comprensiva representada por una visión sistémica sobre la realidad y una metodología adap-

tativa que incorporaría los avances epistemológicos desarrollados durante el siglo XX, que deberían pasar de los reducidos círculos intelectuales a ser utilizados en el diseño y gestión de proyectos especialmente complejos, pudiéndose utilizar sistémicas no convencionales en el caso de proyectos más simples.

Complejidad de la regulación del confort térmico

El análisis de la historia evidencia que la solución al confort térmico ha estado condicionado no sólo por la disponibilidad de energía, ligado al aumento de la densidad de población, el estilo de vida, el descubrimiento de nuevas fuentes de energía y los logros de la investigación científica, sino también por la complejidad de los problemas, diferenciándose entre proyectos simples, proyectos medianamente complejos ligados a los problemas ambientales locales y problemas complejos ligados a la problemática de cambio climático.

Los proyectos simples son aquellos en los cuales se precisa tener en consideración solamente unos pocos parámetros, perceptibles de una forma directa e inmediata (temperatura, viento, humedad) que no pueden ser resueltos mediante criterios de diseño bioclimático inspirados en la arquitectura popular y en la cultura formal naturalista de Vitrubio. Esta visión ha resultado adaptativa a lo largo de la Edad Media, si bien durante el Renacimiento se han acumulado problemas complejos que han puesto en evidencia las limitaciones de la información popular y de la visión naturalista, así como el valor adaptativo de la información derivada de la revolución científica y tecnológica.

En el campo de la construcción, la revolución tecnológica inspiraría el movimiento arquitectónico moderno, caracterizado por aplicar a la edificación estrategias, métodos y técnicas similares a las que se venían utilizando en la industria (trabajo en serie, mecanización y uso de la energía del carbón y del petróleo) para garantizar el confort térmico. Esta estrategia, que resulta adaptativa a corto plazo aplicando una metodología científica reduccionista relativamente simple que prescindía de las interacciones ambientales que caracterizan a los problemas complejos, pensaba que cualquier problema tenía una solución determinista que

requería tiempo, sin que se planteara que la solución podía depender del enfoque metodológico.

Sin embargo, se toma conciencia durante las primeras décadas del siglo XXI de que la acumulación de problemas ambientales muy complejos relacionados con el cambio climático que condicionaban la subsistencia humana a largo plazo no podrían ser resueltos abordando los objetivos ambientales utilizando solamente la información climática ambientalista, la información científica de la ciencia analítica reduccionista y las tecnologías impositivas orientadas o dirigidas hacia actividades descontaminantes (fruto de la aplicación de ajustes superficiales que caracterizan a las ciencias y tecnologías ambientales), sino que para su resolución se precisaba asumir una nueva visión o paradigma sobre la realidad.

En concreto, a principios del siglo XXI, debido al incremento de la población, a la generalización de patrones de vida más consumistas y a la aceleración de la crisis energética y ambiental, los problemas se hacen más complejos debido a la necesidad de considerar la problemática del cambio climático global, lo que hace más necesario articular una nueva visión sobre el clima y la edificación que tenga en cuenta nuevos factores y sus interacciones. Esto se traduce en una visión representada por la visión sistémica alternativa a la visión reduccionista de las ciencias ambientales y una metodología que incorpore las aportaciones epistemológicas desarrolladas durante el siglo XX (figura 9.10).

Visión sistémica de la relación entre clima y edificación

La visión sistémica sobre la relación clima-edificación exige prestar especial atención a las interacciones positivas (sinergias) y negativas entre los parámetros físico-químicos, bióticos, económicos, políticos, sociales y culturales más que a considerar relaciones deterministas que precisen de la dinámica que regula el equilibrio entre las condiciones ambientales de la Noosfera y el nicho climático humano. Este conjunto de condiciones, que posibilita la subsistencia y la calidad de vida de la población, permite corregir los desequilibrios derivados del cambio de las condiciones del medio ambiente, posibilitando la adaptación de la población y complementando el efecto de la



Figura 9.10. Componentes del nuevo paradigma que se precisa para la resolución de los problemas ambientales globales que se plantean en el siglo XXI.

evolución biológica, que sólo es suficiente cuando los cambios ambientales son relativamente lentos, con una evolución cultural más rápida que dicha evolución biológica, utilizando al respecto una información multidisciplinar integrada sobre el clima y una metodología adaptativa.

Cuando los cambios ambientales son relativamente lentos, la

evolución biológica permite reconstruir el equilibrio perdido como consecuencia de los cambios del medio, pero si son rápidos se puede generar el equilibrio si estos cambios posibilitan el desarrollo de nuevas especies a largo plazo.

Lo referido es aplicable a la totalidad de las especies. En el caso de la especie humana la evolución biológica se completa con la evolución cultural, que en el caso del clima ha permitido tener en cuenta la planificación y gestión del diseño, la influencia de multitud de parámetros que actúan a diferentes escalas para garantizar la subsistencia y la calidad de vida y el confort térmico de la población humana a corto plazo y la sostenibilidad a medio y largo plazo.

En la figura 9.11 se consideran diferentes factores que condicionan los proyectos, cuya información a diferentes escalas es preciso tener en cuenta, particularmente para el diseño de pro-

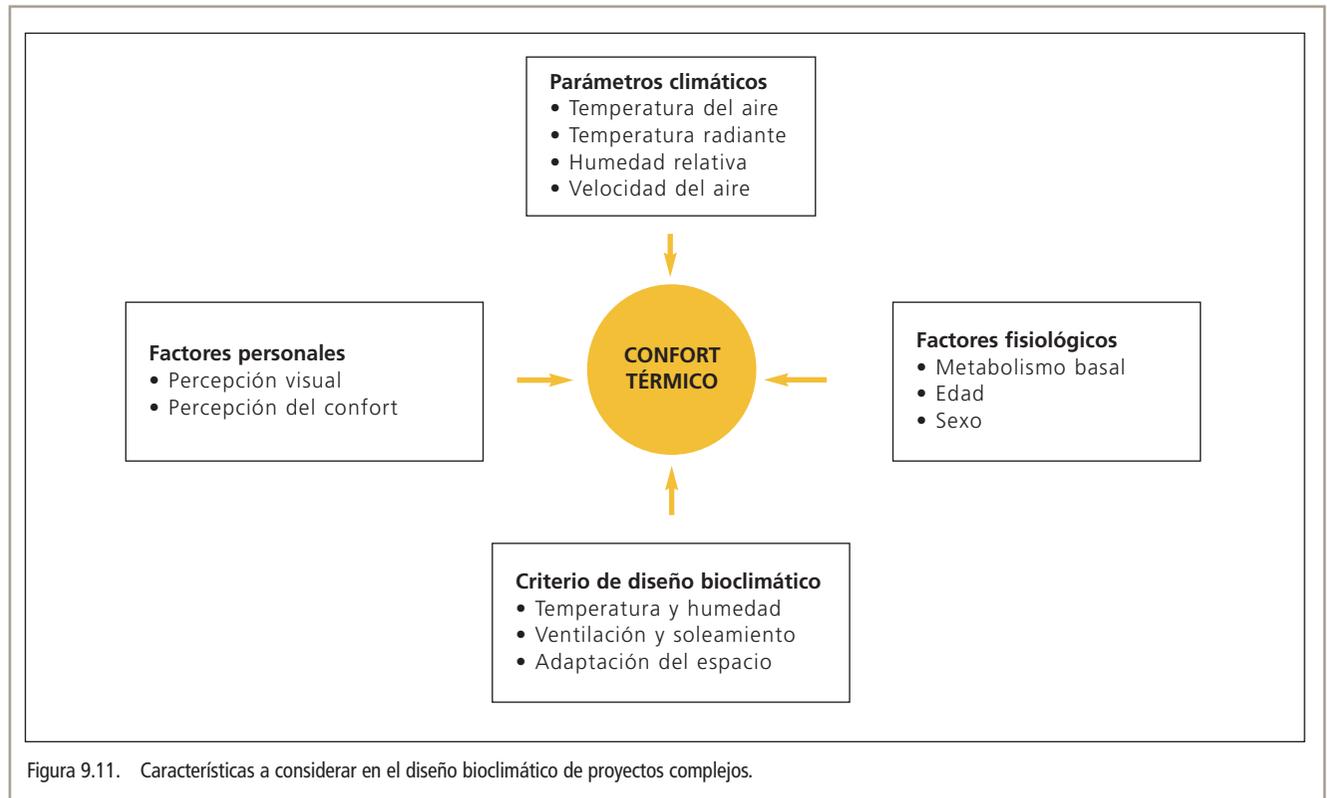


Figura 9.11. Características a considerar en el diseño bioclimático de proyectos complejos.

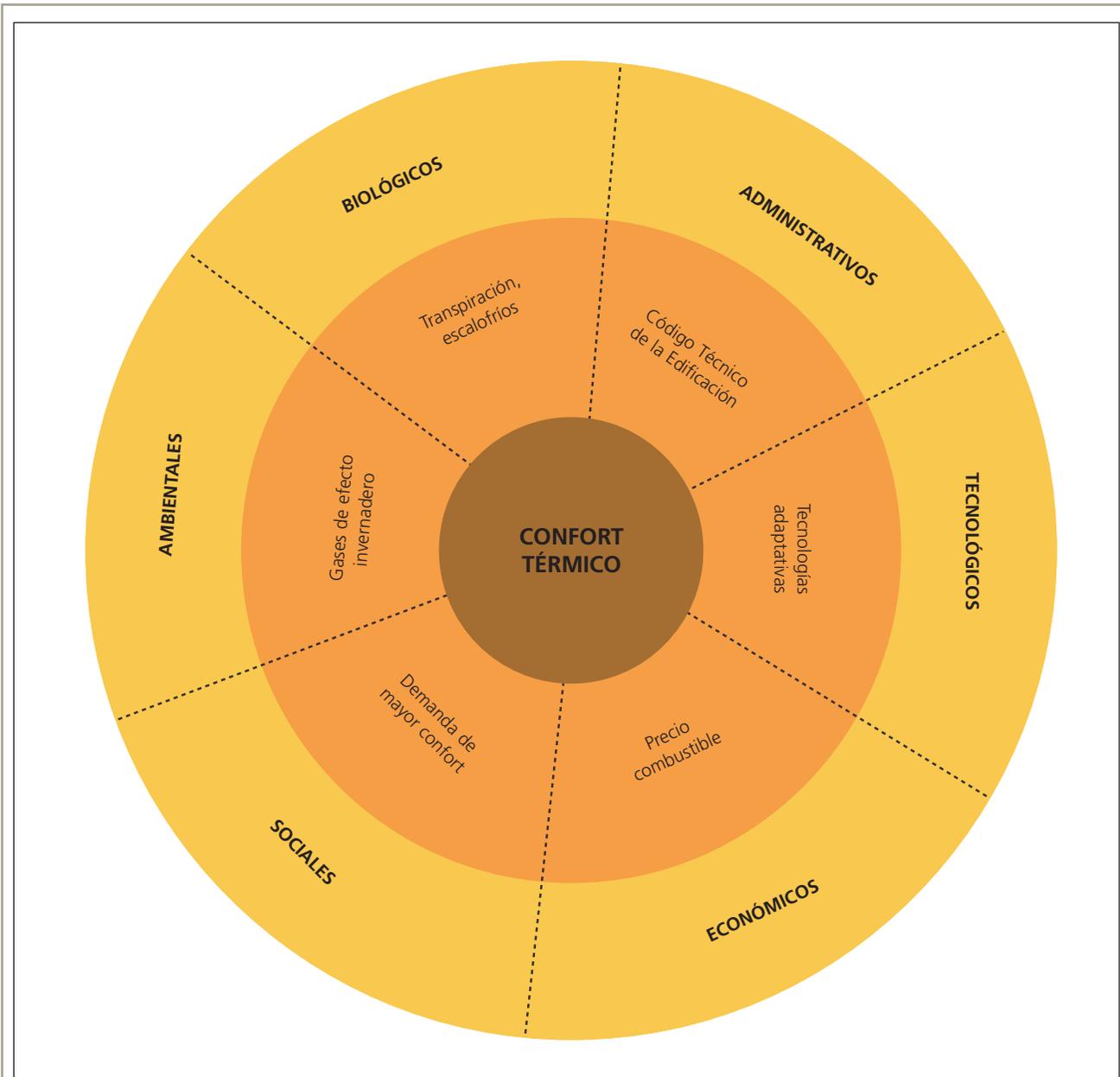


Figura 9.12. Procesos retroalimentados (círculo externo) y parámetros que intervienen en la retroalimentación (círculo interno) del confort térmico (círculo interior) que es preciso considerar en el caso de proyectos complejos.

yectos bioclimáticos complejos. Sin embargo, es más significativo tener en cuenta los mecanismos de regulación de sinergias que regulan el confort térmico, como se describe en la figura 9.12.

Metodología científica adaptativa

Para la gestión de los problemas ambientales complejos no basta con asumir objetivos ambientales que han requerido asumir una visión sistémica del clima y de la edificación, sino que además se precisa asumir una nueva visión sobre el método científico alternativo a la concepción de la ciencia analítica. A este respecto, mientras que la visión analítica sobre la ciencia asume una concepción reduccionista según la cual la reducción permite alcanzar de forma determinista una visión cierta de la realidad que progresa homogéneamente de forma continua, la nueva visión sobre la ciencia complementaria de la visión sistémica sobre la realidad se trata de una concepción falsacionista, en la cual se combinan cambios continuos con resolución científica, y es fruto de un proceso de evolución cultural por variación y selección que se traduce en concepciones adaptativas y que guarda ciertas analogías con la teoría evolutiva puntuacionista, que asume como objetivo tanto la verdad o certeza absoluta como soluciones adaptativas que garantizan el ajuste entre la dinámica de la Noosfera, la adecuación del nicho térmico, la garantía de la calidad de vida humana a corto plazo y la subsistencia sostenible a medio y largo plazo.

Se trata de una metodología multidimensional integrada que resulta adaptativa al abordar los problemas muy complejos que dependen de múltiples variables intervinientes no sólo a escala local y a escala meso, sino también al considerar los factores que intervienen en las escalas meso y macro.

Así, se ha de considerar la información de forma operativa sin renunciar a la perspectiva sistémica de forma que se posibilite su comunicación y su utilización en la gestión y en el diseño bioclimático sostenible teniendo en cuenta las limitaciones humanas, sin proceder por un lado a tratar de generar varios proyectos bioclimáticos en función de algunos factores especialmente significativos, procediéndose después a seleccionar el proyecto que minimice el impacto ambiental, económico y social (figura 9.13).

Además, para que la metodología sea adaptativa se requiere que sea simple, recurriéndose para ello a simplificar la información jerarquizando los problemas, a clasificar las variables en función de su proximidad a la percepción humana, a clasificar los proyectos en función de su complejidad y a seleccionar la información significativa a diferentes escalas, que varía en función de la complejidad de los proyectos.

Los problemas se jerarquizan en función de la subsistencia y la calidad de vida humana, considerándose problemas subordinados a la subsistencia (como el confort térmico) en base a que contribuye a garantizar el nicho climático humano. Por otro lado, la información se clasifica diferenciando entre la información percibida directamente a escala local a través de los sentidos y la información asociada a parámetros no perceptibles directamente por su naturaleza, que requiere de instrumentos técnicos

especializados, o por no actuar a escala local y próxima, lo que requiere aplicar diferentes técnicas estadísticas que permitan recoger la información a escalas meso y a escala global. Esta clasificación está relacionada con la forma de conocer la información que varía desde aplicar el sentido común en el primer tipo, a la información cuyo análisis exige planteamientos abstractos, pasando por la información que requiere asumir una visión que integra variables a diferentes escalas como sucede en el tercer tipo de información.

En general, los problemas que dependen de parámetros locales próximos a la percepción humana pueden analizarse aplicando el sentido común y resolverse aplicando los criterios de la arquitectura popular y de la visión naturalista de Vitrubio, que se han venido utilizando durante dos o tres siglos, y que no se detallan debido a que sobre ello existe una amplia bibliografía. Sin

embargo, cuando para la resolución de ciertos problemas se precisa considerar una información asociada a parámetros que se perciben de forma inmediata y próxima, como sucede para comprender muchos procesos de la dinámica ambiental, se precisa completar la información inmediata aludida con una información más amplia y más comprensiva de carácter multidisciplinar, representada por las ciencias ambientales, y que consiste en información a escala meso y a escala macro o global, una información alejada de la percepción directa que requiere de sofisticados aparatos y métodos estadísticos para complementar la información local de la cultura popular y la información científica microclimática de la ciencia analítica, pero que resulta suficiente en el caso de los problemas ambientales locales.

Por tanto, para abordar problemas globales complejos se precisa aprender a integrar a la información a escala meso y micro la información a escala meso y macro para adecuarla a la nueva visión.

A este respecto, de poco sirve asumir un objetivo, como el objetivo ambiental, si no se asume una perspectiva o visión acorde con el tipo de problemas. No se dispone de una metodología que suministre la orientación correcta y los instrumentos necesarios para seguirla, lo cual permite considerar que aunque recientemente se han promovido campañas mediáticas, como las patrocinadas por el ex-presidente Al Gore a través del libro y del audiovisual "Una verdad incómoda", favorables a tener en cuenta el cambio climático, pese a que se han adoptado compromisos como el Protocolo de Kioto por el que los países se comprometen a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero para evitar los problemas globales, aunque los estados han formulado leyes para dar respuesta a las campañas con la promulgación del Código Técnico de la Edificación y la Normativa sobre Certificación Energética de la Edificación para aprovechar en España los recursos naturales del clima adecuando al respecto el diseño de las edificaciones, que se unen a los planteamientos de las Agendas 21 por lo que diferentes ciudades se comprometen a impulsar planes de actuación dirigidos a lograr la sostenibilidad, realizándose incluso grandes inversiones, de miles de millones de euros, para la compra de los derechos de emisión y para

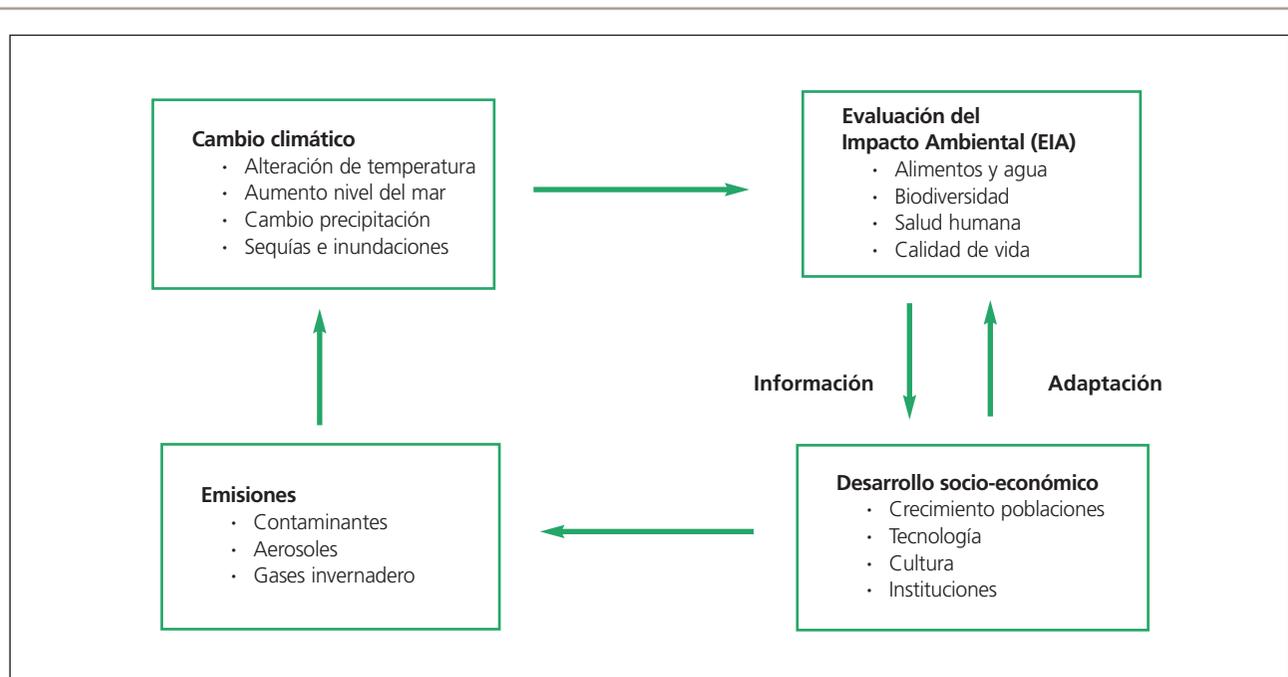


Figura 9.13. Proceso de ajuste adaptativo orientado a la selección de soluciones adaptativas a corto plazo y sostenibles a largo plazo.

adecuar los edificios a las nuevas normativas, su éxito no está garantizado. La razón es que para la gestión de los problemas complejos se precisa asumir una metodología científica acorde con la complejidad de los problemas relacionados con la eficiencia energética y la calidad ambiental en la edificación.

Dificultad para el cambio de visión

Se puede decir en relación a la gestión de los proyectos complejos que el principal problema no es asumir la necesidad de abordar su resolución, ni tampoco las dificultades técnicas, ni el coste de los proyectos como podría pensarse, sino que el principal factor limitante es la dificultad para comunicar y asumir un cambio de visión sobre la realidad y de la metodología científica que proporciona una visión más comprensiva que sirva de base para generar soluciones adaptativas.

El problema es que el cambio de visión encuentra gran resistencia por parte de las instituciones educativas, comenzando por la universidad que se ha mantenido gracias a su capacidad para difundir su visión respecto a otras alternativas, de forma que a la dificultad derivada del cambio de visión más compleja implica modificar la forma de pensar que se ha venido asumiendo, que además se considera definitiva. Ahora se necesita asumir que tal certeza no está garantizada, como se evidencia en el caso de la problemática ambiental y la ecoinnovación y de la responsabilidad social ambiental, asumiéndose una visión alternativa a la visión transmitida por la Universidad. Resulta complejo, cuando no imposible, que la articulación del cambio se produzca en el seno de la propia Universidad, que no fue capaz de evolucionar de la visión escolástica a la visión científica desarrollada en el siglo XVI, exigiendo la intervención de instituciones alternativas como las Academias, gracias a cuya participación fue posible la resolución científica y la revolución industrial de los siglos XVIII y XIX, no siendo hasta este siglo cuando incorpora la Universidad la visión científica propiciando un importante proceso de desarrollo económico y social durante el XX hasta el extremo de considerar que representaba la solución definitiva y cierta a todos los problemas humanos. La cuestión es que ahora se plantea un nuevo cambio al que la Universidad meramente se resiste y que

posiblemente no se produzca hasta asumirse socialmente la necesidad de la nueva visión, manteniéndose entonces la resistencia a cambiar de perspectiva, por lo que se plantea la conveniencia de comunicar los aspectos más específicos de la nueva visión representados por la información a escala macro o global.

INFORMACIÓN SIGNIFICATIVA A ESCALAS MESO Y MACRO

Información a escala meso

Para ilustrar la información a escala meso se recurre a considerar la "isla de calor" que se produce en las ciudades junto al incremento de la contaminación que como consecuencia del consumo de carbón y petróleo en la industria, el transporte y la emisión de partículas en las calderas de cale-

facción, producen efectos directos e indirectos sobre la salud de los ciudadanos, reduciendo la radiación incidente en el centro de las ciudades. Ello lleva a pensar que la temperatura en el centro pudiera ser menor que en el entorno, pero sucede lo contrario, pues en las áreas urbanizadas la temperatura es mayor que en la periferia (figura 9.14) debido a que intervienen otros factores que favorecen el aumento la temperatura como la disminución del albedo que motiva que la radiación solar reflejada se reduzca, aumentando la proporción de la radiación solar que se transforma en radiación de onda larga en las ciudades, lo que conlleva un aumento de la temperatura.

De los dos tipos de efectos ligados al desarrollo de las ciudades se ha prestado especial atención a la contaminación,

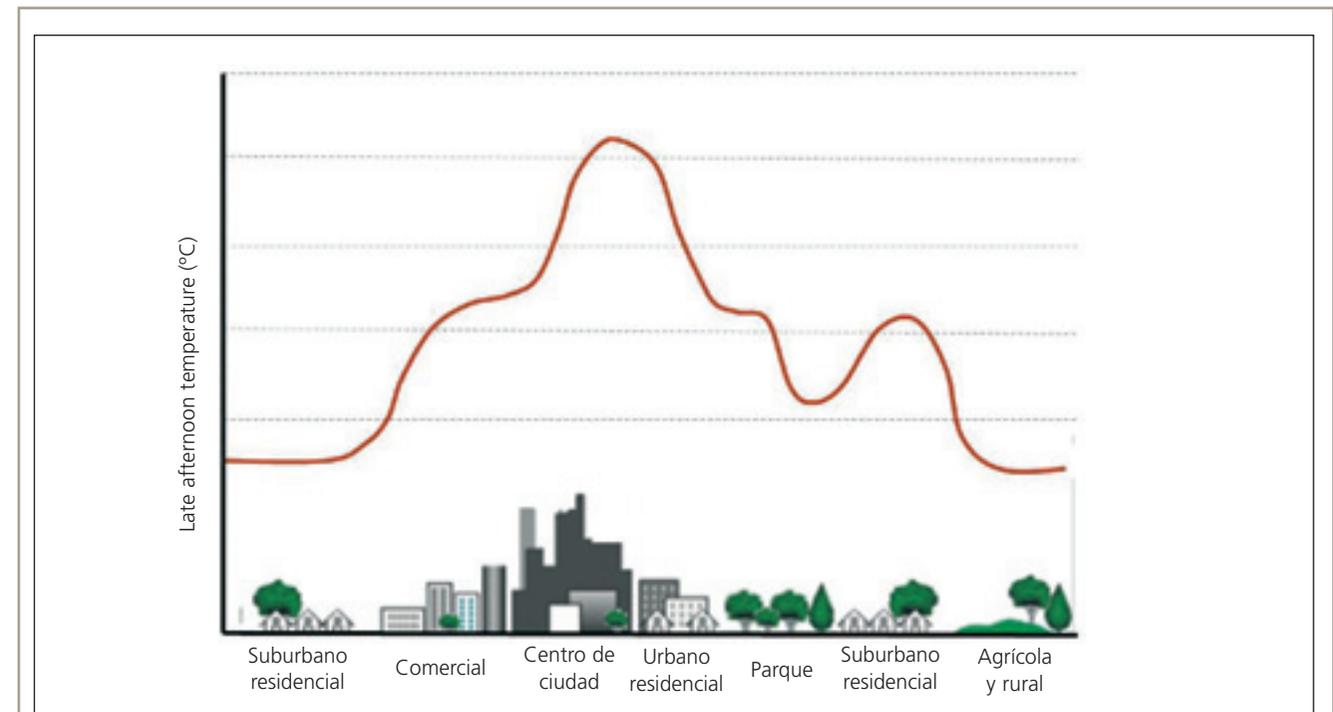


Figura 9.14. Efecto de "isla de calor". Se aprecia la relación positiva entre la temperatura en una ciudad y densidad de la edificación.

debido a su incidencia a corto plazo sobre la salud de la población, adoptándose costosas medidas para reducir sus actividades contaminantes, impidiendo la instalación de industrias contaminantes y reduciendo el tráfico. Medidas como la sustitución de las calderas de carbón por calderas menos contaminantes en el caso de Londres resulta más difícil de abordar en ciudades menos ricas como la de México, evidenciándose que para estas cuestiones el principal problema es el económico.

Esto contrasta con lo referido en el caso de problemas globales más complejos en los cuales el factor más limitante no es el económico ni el técnico sino la resistencia y dificultad para el cambio. Esta diferencia se debe posiblemente a que la contaminación y sus efectos es algo que podemos percibir a corto y a medio plazo, mientras que los cambios globales exigen asumir una perspectiva más abstracta que resulta más compleja de asumir. Sin embargo, afortunadamente un tipo de problemas globales como el asociado al cambio climático es algo que puede ser comprensible para la población, lo mismo que el efecto invernadero, lo cual representa una oportunidad para transmitir la visión sistémica por una vía alternativa a las universidades, que difícilmente pueden liderar el cambio, pues la historia muestra como las instituciones educativas dominantes se han opuesto a los cambios de paradigma manteniendo contra viento y marea su identidad. Cabe esperar que la solución venga de las iniciativas y planteamientos de nuevas instituciones, como el Instituto de California, que promueven nuevos enfoques a los problemas, o de las iniciativas de instituciones, incluso de ciudades, que exploren nuevas perspectivas para promover la urbanización verde y la arquitectura bioclimática para garantizar un desarrollo sostenible que, de tener éxito, podrían alimentar un proceso de cambio en la línea de asumir una perspectiva sistémica, fruto de un proceso de cambio y selección análoga, y regular la evolución biológica, que incorpora ahora también factores económicos, sociales y culturales.

Lo indicado no quita que existan otras dificultades, como el interés de que se realicen grandes obras públicas alegando al respecto que ello genera puestos de trabajo, cuando en el fondo subyace el interés para obtener los beneficios ligados a la recalifi-

ficación de terrenos y los beneficios para los ayuntamientos derivados de los permisos de edificación, que dejan escaso margen para una gestión ambiental rigurosa, lo cual es fuente de dificultad, aunque el principal problema no es éste, sino la resistencia social al cambio intelectual.

Sin embargo, existe cierto margen para la esperanza ligado al impacto social que ha tenido la idea de cambio climático y la necesidad de asumir una perspectiva global a la hora de planificar y gestionar problemas locales concretos como el urbano y la edificación, así como el que estas actuaciones tengan importantes efectos globales. La problemática del cambio climático representa una oportunidad para comunicar los planteamientos de la nueva visión como parece traslucir del desarrollo de diferenciar proyectos en ciudades alemanas, americanas (Chicago y Nueva York) y chinas (Shangai) dirigidos a la formación de diseñadores que plantean nuevas alternativas en torno a un urbanismo verde y a una arquitectura bioclimática que sume una perspectiva sistémica sobre las condiciones del clima, la evolución de la biodiversidad, la dinámica ecológica y el desarrollo humano sostenible, lo que supone incorporar perspectivas a escala meso y macro que completan la información a escala local (que suministra la cultura general y de la visión naturalista) e interviene a escala micro (que proporciona la visión científica reduccionista).

Información global. El cambio climático

La información a escala macro se puede ilustrar a través del análisis de procesos del cambio climático global, caracterizado porque depende de las interacciones entre parámetros naturales y culturales a diferentes escalas, analizados no sólo por su significación sino también porque va a permitir la aproximación a una realidad más general y difícil de comunicar como es el cambio global, del cual el cambio climático representa un caso particular que tiene gran importancia en la planificación de las ciudades y en la arquitectura bioclimática.

La influencia de los gases sobre el cambio climático global es algo que viene actuando desde el origen de la Tierra hace 4.500 millones de años. Sin embargo se ha considerado un fenómeno significativo a finales del siglo XX debido a que no

se disponía de información climática a escala global, a la consideración de que la acción humana era poco significativa a esta escala y a la asunción de que el hombre no podía gestionar el clima a escala global. Peor ahora, la toma de conciencia sobre el cambio climático global ha contribuido a que se comience a asumir una visión multidisciplinar y sistémica de la realidad que considere las interacciones entre parámetros y factores climáticos, geomorfológicos, biológicos, sociales, económicos e intelectuales a diferentes escalas; y que se adopte una metodología evolutiva que permita detectar los factores y los mecanismos de regulación más significativos a través de aproximaciones que actúen de forma interactiva a diferentes niveles, escalas y perspectivas, más o menos inmediatas, para facilitar su comunicación y su uso en la gestión y en el diseño bioclimático.

En general, en relación con el cambio climático se asume que desde el siglo XIX ha venido aumentando la temperatura global, y se interpreta que este aumento ha estado causado por el consumo de combustible fósil, fruto de la actividad humana. Este consumo ha sido el causante del aumento de gases de efecto invernadero lo que a su vez, ha motivado que aumente la temperatura.

En la figura 9.15 se esquematiza la relación que existe desde finales del siglo XIX entre el desarrollo urbano y el aumento del CO₂ en la atmósfera. El aumento es tan rápido que no cabe esperar que su regulación se produzca naturalmente, necesiéndose tomar medidas culturales (políticas, técnicas, administrativas y culturales) para resolverlo. A este respecto se han asumido diferentes medidas técnicas y de gestión, pero debido a la complejidad de los problemas se precisa adoptar medidas relacionadas con la visión sobre la realidad como ha sucedido en otros momentos de la historia incorporando un nuevo paradigma, visión de la realidad y forma de pensar que permita diseñar y gestionar proyectos especialmente complejos.

En la figura 9.16 se analiza con más detalle la relación entre el desarrollo económico asociado a la revolución industrial de los siglos XIX y XX, el aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera, el aumento de la temperatura media del Planeta y el

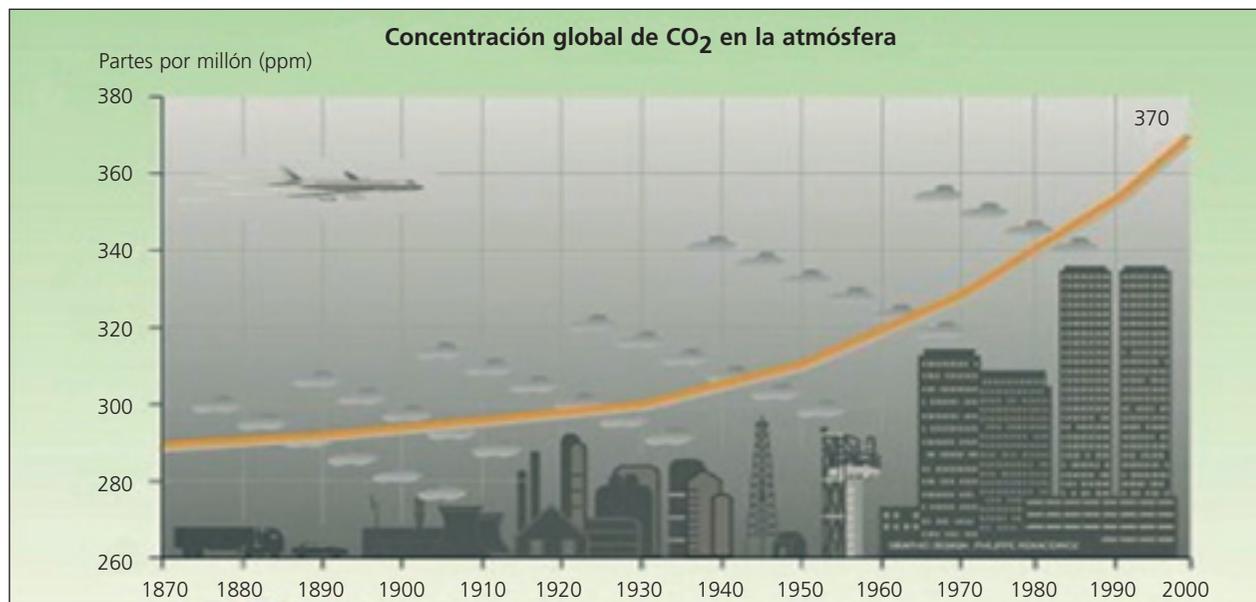


Figura 9.15. Relación entre desarrollo urbano y desarrollo urbano y aumento global de CO2 en la atmósfera desde 1870 hasta la actualidad.



Figura 9.16. Relación entre la temperatura de la Tierra (en rojo) y el aumento de la concentración de CO2 (en azul). Aunque parte de las oscilaciones de la temperatura se pueden explicar en función de la actividad solar y de los movimientos de la Tierra alrededor del Sol, el aumento espectacular de la temperatura durante los últimos 150 años sólo se explica teniendo en cuenta el efecto del aumento de los gases de efecto invernadero.

incremento de los gases de efecto invernadero (CO₂, etc.) resultado de la actividad.

La variación de la temperatura y la concentración de CO₂ en el aire se ha estimado a partir de la información que ofrecen los observatorios meteorológicos más antiguos, el crecimiento de los árboles, la composición del aire encerrado en burbujas contenidas en capas de hielo de diferente edad, la variación de la distancia del sol a la Tierra, la inclinación del eje de giro de la Tierra respecto al plano de la eclíptica, la actividad solar y el efecto de la actividad humana sobre las emisiones de CO₂.

En la figura 9.17 se expone esquemáticamente la influencia de los gases de efecto invernadero sobre el aumento de la temperatura. A tal respecto se aprecia que los gases de efecto invernadero permiten que la radiación solar atraviese la atmósfera y llegue a la superficie terrestre, pero reflejan hacia la superficie terrestre la radiación térmica que emite la Tierra, lo que contribuye a que aumente la temperatura en la superficie terrestre y que se incremente la radiación de onda larga emitida hacia el espacio, proceso que se puede repetir hasta que se iguale la radiación incidente y la radiación de onda larga emitida por la superficie terrestre, con el resultado del aumento de la temperatura media que de otra forma alcanzaría una temperatura menor.

Del total de la radiación de onda larga que emite la superficie terrestre sólo el 30% fluye hacia el espacio, siendo reflejada el 70% hacia la superficie terrestre.

Cambio climático y cambio global

Para evaluar la trascendencia del fenómeno de cambio climático y la adopción de diferentes medidas se exige valorar, por un lado, la trascendencia de los efectos derivados de la variación de la temperatura y de la precipitación, y por otro, la importancia cultural derivada de su contribución a la definición de la visión sistémica sobre la realidad que permanece encerrada en círculos intelectuales pero que ahora comienza a considerarse en círculos profesionales relacionados con el diseño, la planificación y la gestión ambiental.

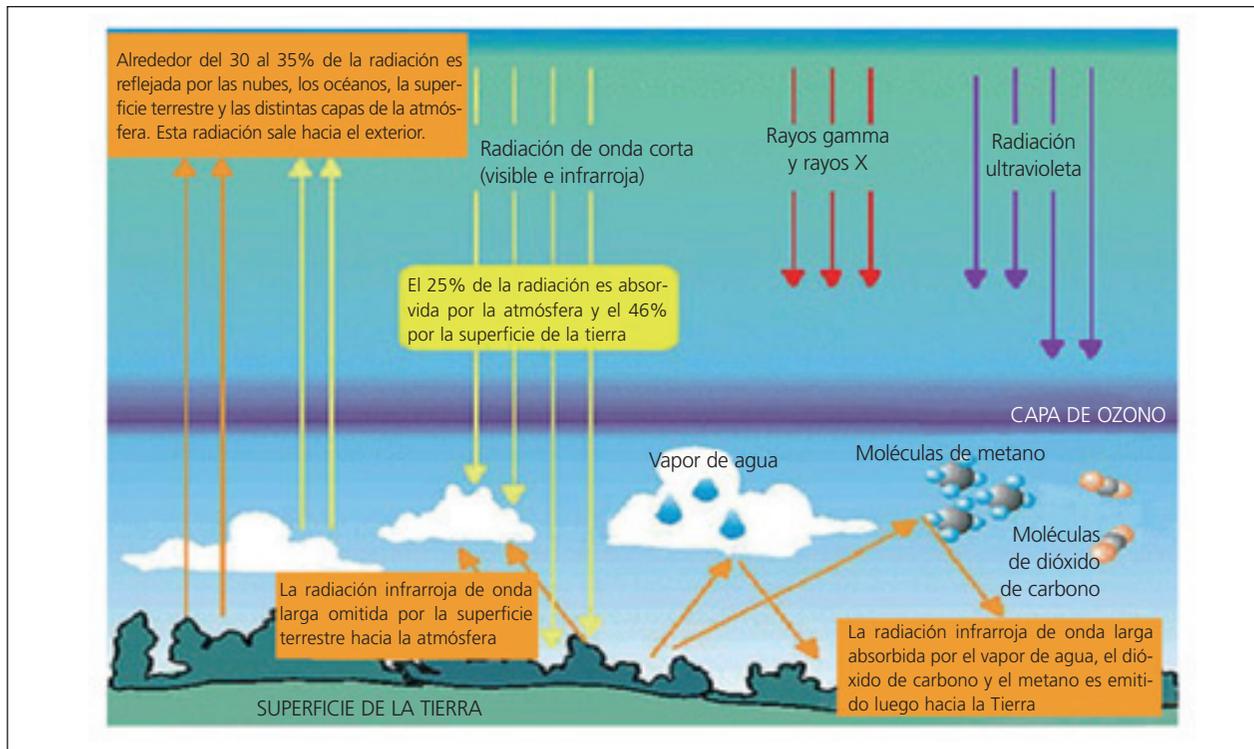


Figura 9.17. Influencia de la capa de ozono y de la capa de gases invernadero sobre el balance de radiación de la Tierra, lo cual explica que la temperatura media de la Tierra sea mayor que sin la intervención de estos gases.

Respecto a la trascendencia del aumento de los gases de efecto invernadero sobre el aumento de la temperatura conviene precisar que se trata de un efecto anormal y que gracias a él la temperatura media de la Tierra es de unos 15 °C en lugar de los -18 °C que se tendrían de no producirse el efecto invernadero. Esto posibilita el desarrollo de la vida en la Tierra, que de otra forma habría sido mucho más difícil. El problema se presenta porque el aumento de temperatura es demasiado rápido para que los organismos y el hombre puedan adaptarse a la nueva

situación produciéndose desajustes entre el desarrollo socioeconómico, la biodiversidad y las condiciones del medio que representen negativamente sobre el desarrollo económico, sobre el desarrollo social y sobre las condiciones ambientales.

Los referidos efectos del cambio de la temperatura resultan ser trascendentes desde la perspectiva socioeconómica, pero posiblemente menos que la variación de otros factores como el contenido de materia orgánica en el suelo, que condiciona la disponibilidad hídrica de la población diez veces más que la dismi-

nución de la precipitación. Sin embargo, en los medios de comunicación se concede mayor importancia a la variación de los parámetros climáticos debido a que la variación de la temperatura y de la precipitación es percibida más directamente que otras dimensiones de cambio climático global.

Lo referido no supone revisar la importancia del cambio climático, sino reconocer que otros parámetros pueden ser más críticos que el cambio climático a la hora de explicar las probabilidades de subsistir, representando el cambio climático una oportunidad para alcanzar una visión más adaptativa de la realidad y de la metodología científica que sirva de base al desarrollo sostenible.

Se puede decir al respecto que el éxito mediático del cambio climático representa "una oportunidad" para cambiar la aceptación de la visión sistémica de la Noosfera, en la que se preste especial atención al conocimiento y a la regulación de los mecanismos que regulan la variación de la velocidad del cambio ambiental y la capacidad de ajuste ligado a la evolución biológica y la evolución cultural, en orden a restablecer el equilibrio antes de que la situación sea irreversible.

Información sistémica para Canarias a diferentes escalas

Para garantizar que la regulación cultural permita establecer el nicho humano se precisa que la información sistémica resulte operativa para su aplicación práctica al diseño y a la gestión en cada área concreta, especificando al respecto los parámetros más significativos que actúan a diferentes escalas en cada zona concreta.

En el caso de Canarias hasta hace unas décadas resultaba suficiente la información derivada de la arquitectura popular, algunos principios derivados de la visión naturalista del clima y la información que se obtiene del análisis de proyectos concretos. Sin embargo, durante el aumento de la población y del nivel de vida, se han alterado los mecanismos reguladores siendo preciso ampliar esta información sobre el clima utilizado en la planificación, el diseño y la gestión para que se adopten las condiciones bioclimáticas específicas de Canarias.

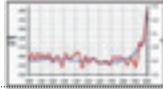
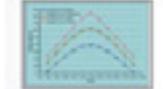
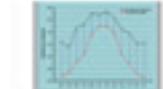
INFORMACIÓN RELACIONADA CON EL CONFORT TÉRMICO			
ESCALA	REPRESENTACIÓN	TIPO DE INFORMACIÓN	ILUSTRACIÓN
GLOBAL ZONAL (variación zonal)	TIERRA 	Balace de radiación global.	
REGIONAL (variación regional)	R. MEDITERRÁNEA 	Radiación potencial.	
REGIONAL (variación subregional)	CANARIAS 	Tipo de clima. Diagrama de Walter.	
INSULAR (variación intrainsular: sectorial altitudinal y local)	TENERIFE 	Topografía y nubosidad.	
LOCAL		Balace de radiación y vientos locales.	
MICROCLIMÁTICA NATURAL (variación intralocal)		Nicho térmico natural.	
MICROCLIMA DE LA EDIFICACIÓN	VIVIENDA 	Nicho térmico.	

Figura 9.18. Variables climáticas significativas a diferentes escalas adaptadas a las condiciones específicas de Canarias. Esta información sirve de base para la arquitectura bioclimática de proyectos complejos en Canarias aprovechando al respecto la información sobre la dinámica del clima para garantizar el confort térmico con eficiencia garantizando la energía en el uso de los combustibles fósiles.

MANUAL DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO
PARA CANARIAS

BLOQUE IV

CLIMA Y CONFORT TÉRMICO

Margarita de Luxán García de Diego
Araceli Reymundo Izard
(autoras)

M^a. Victoria Marzol Jaén
(colaboradora)

10. INTRODUCCIÓN

M. de Luxán García de Diego, A. Reymundo Izard, M^a. V. Marzol Jaén

CLIMA Y ARQUITECTURA

En muchas ocasiones, la Arquitectura se ha desarrollado sin tener en cuenta uno de sus conceptos prioritarios: la integración medioambiental. Sin embargo, las condiciones del medio natural influyen básicamente en ella y radica en la voluntad de la sociedad que debe habitarla y de los profesionales que la crean, la posibilidad de aprovechar, hacer caso omiso o destruir, las capacidades que este medio proporciona.

Al leer la definición clásica de Arquitectura "El arte de proyectar y construir para cobijar al hombre", la atención del término parece que lleva a entender que el efecto de "cobijar" cubrir o tapar, albergar, conlleva una acción cóncava que hospeda al hombre en su interior.

Pero hoy se sabe que hacer arquitectura implica no sólo una acción cóncava hacia el hombre, sino que de ella se deriva también una convexa, hacia el entorno más amplio terrestre y atmosférico global que finalmente retorna hacia el espacio habitado.

La actividad ligada a la arquitectura implica ahora el 50% de la obtención y extracción de materiales, produce 217 tipos de Impactos Ambientales, consume el 26.15% de la energía final gastada, produce el 50% de la contaminación que sufrimos... Tampoco se puede hacer oídos sordos a las llamadas de atención sobre las "insostenibilidades", que aparecen desde los análisis sanitarios, sociales y culturales, en los que la arquitectura y el urbanismo aparecen como marco y referencia obligados.

Todo ello implica una invitación a la ampliación y revisión básica de los presupuestos teóricos y prácticos con los que producimos arquitectura.

Se puede plantear la obra arquitectónica como algo que suma, a todas sus posibilidades intrínsecas, la de adecuarse y responder a un reconocimiento del medio en el que, lo desee o no, se encuentra inmersa: un universo dinámico, de ciclos cerrados a la materia y abiertos a la energía y un medio natural, sometido a un conjunto de procesos activos que lo van configurando constantemente.

Este conjunto de procesos naturales actúan sobre el hombre y sus cobijos y de él depende que la relación sea de acuerdo o de enfrentamiento. En el primer caso se dará una arquitectura que aprovecha lo que le beneficia de las condiciones de la naturaleza y se protege de sus inclemencias y en el segundo habrá que mantener una lucha constante para mantener en las arquitecturas unas condiciones de vida aceptables para el hombre, lucha que en definitiva se convertirá en aporte de energía externa al nuevo sistema creado.

La arquitectura ha de entenderse, por tanto, como un elemento modificador del sistema natural e interactuante con él, de modo que aunque puede incluso crear un nuevo sistema con funcionamiento propio, con procesos propios, como resulta en el caso de las grandes aglomeraciones urbanas, se entiende que en ningún caso es independiente del conjunto de las variables medioambientales.

Estas variables y, en general, factores de muy diversos órdenes, son los que intervienen en la relación de integración entre Arquitectura y Medio Ambiente; en realidad, existen tantos como parámetros del medio pueden intervenir en la actividad humana.

Básicamente el hombre, en su relación con el entorno, necesita tres cosas: que el territorio tenga capacidad de acogida, prestándole recursos para su subsistencia; que le proporcione

una cierta seguridad, en cuanto a una perduración de los asentamientos, tanto frente a los procesos geológicos activos como ante los riesgos de catástrofes naturales y que se puedan obtener las condiciones de temperatura-humedad necesarias para el mantenimiento de la vida humana.

La consecución de estos tres factores puede hacerse aprovechando las posibilidades que la naturaleza brinda, y es en ese caso cuando se hace una arquitectura integrada con ella, produciéndole un impacto minimizado que además conlleva un gasto reducido de recursos de otro orden. Con estas premisas, para hacer una actuación de ocupación de un territorio para distintos usos humanos de un modo integrado con él, será necesario primero el estudio de todos los aspectos relativos al mismo: el de los recursos naturales de la zona en orden a primar las actividades para las que está más dotada, el del aprovechamiento de la capacidad del terreno en base al mejor planeamiento de distribución de las diversas actividades humanas, y el de los procesos naturales activos para considerar cuáles de ellos pueden ser un impedimento para la actividad que pretende realizarse.

Se ha de verificar si los procesos naturales son asumibles y/o modificables, y cuándo esa modificación va a traer consecuencias perturbadoras de las que pueda derivarse un riesgo, bien en la propia zona, bien en zonas adyacentes. Un ejemplo típico es la obstrucción de vaguadas por una carretera con insuficiente paso para las aguas, que puede convertirse en presas con embalsamientos periódicos de agua de consecuencias nefastas para la agricultura de la zona, cuando no destructoras de la propia carretera.

Asimismo, de estos análisis se pueden derivar actitudes de prevención frente a procesos habituales que entrañan un determinado riesgo, como pueden ser los desprendimientos de rocas,

el deslizamiento de terrenos, los fenómenos sísmicos, volcánicos o meteorológicos, vientos huracanados, lluvias torrenciales etc., para situarse fuera de su campo de acción o bien procurarse las medidas técnicas necesarias para impedir o minimizar las consecuencias del proceso.

Por último, es preciso comprobar que se puedan crear en el territorio las condiciones de temperatura y humedad necesarias para el mantenimiento de la vida humana. Cuando esto se hace a través de intercambios con la energía natural del medio en el que se va a enclavar el asentamiento, entramos en los planteamientos de la arquitectura bioclimática.

LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

El concepto de arquitectura bioclimática es complejo y, a pesar del hecho de ser una disciplina relativamente reciente en el campo de la arquitectura, su estudio en profundidad requiere de unos conocimientos que tienen un determinado tiempo de aprendizaje, derivado del gran número de materias que hay que estudiar y relacionar. La existencia de bibliografía especializada, así como de programas de simulación por ordenador, muestran hasta qué punto se trata de una disciplina desarrollada y con posibilidades objetivas de aplicación.

De las investigaciones en marcha y de las observaciones sobre las soluciones que van apareciendo, surgen recomendaciones generales, pero si hay algo claro en el campo de las respuestas medioambientales para la arquitectura, es su especificidad para cada caso, para cada lugar, para cada ambiente.

El principio inseparable esencial del bioclimatismo es, utilizando las palabras de Jean-Louis Izard, "construir con el clima", siendo este concepto de la idea de lugar como circunstancia singular en la que se desarrolla la arquitectura y con la que ésta se relaciona.

Las capacidades del medio natural, las condiciones climáticas y las distintas posibilidades de aprovechamiento de las mismas, marcan soluciones particulares que habrá que estudiar en cada opción concreta.

Es por lo anterior por lo que no puede tenderse a la búsqueda de una estandarización de modelos, es decir, es contradictorio

ria y no recomendable la búsqueda de prototipos que fueran aplicables en cualquier localización.

En la actualidad se está iniciando en el campo de la Arquitectura una etapa de replanteamientos teóricos desde nuevos puntos de vista; de rediseños de elementos con la aceptación de nuevas prioridades medioambientales; de aparición de nuevos materiales, nuevas soluciones con distintos modos de producción y nuevas solicitudes sociales.

Los edificios bioclimáticos o energéticamente conscientes, no son tanto el resultado de una aplicación de técnicas especiales, como del sostenimiento de una lógica, dirigida hacia la adecuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales y materiales, mantenida durante el proceso del proyecto y la obra, sin perder, en absoluto, ninguna del resto de las implicaciones: constructivas, funcionales, estéticas, etc., presentes en la reconocida como buena arquitectura.

La ecología arquitectónica debe extenderse a todo el desarrollo de propuesta y construcción de los edificios: ubicación, forma general, aprovechamiento de características climáticas estacionales, estudio de condiciones derivadas del entorno construido, elección de materiales según las necesidades de adaptación por zonas y orientaciones, diseño de elementos constructivos, costo energético de la fabricación de los materiales y sistemas técnicos y su transporte, etc.

El grado de integración de la arquitectura en su medio ambiente y el aprovechamiento de energías naturales en la edificación puede ser muy variado: desde edificios autónomos, con consumo absolutamente resuelto con energías renovables, aprovechamiento del agua de lluvia, imagen ligada al paisaje, materiales autóctonos, etc., hasta edificios con adecuaciones muy simples en cuanto a forma y elementos constructivos; en todo caso, la adopción de medidas de mejora en este campo, hasta las que pudieran parecer mínimas, serán beneficiosas para el usuario y para el entorno.

Estos conceptos, aparentemente sencillos, han sido sin embargo obviados en gran parte de la producción arquitectónica del último siglo. El desarrollo de las tecnologías constructivas e industriales unido al abaratamiento de los costos de producción gracias a la estandarización, ha llevado a la creencia, aún

demasiado poco discutida, de que la arquitectura, especialmente aquella más vinculada a la especulación comercial, puede ser un hecho aislado de su entorno, y que es posible ejecutar una construcción en un emplazamiento independientemente de los problemas ambientales, pues éstos son corregibles mediante la utilización de las tecnologías energéticas habituales.

Planteamientos de estas características, avalados intelectualmente por una lectura superficial de las vanguardias, están afortunadamente cediendo paso a una nueva sensibilidad en la que Arquitectura y Medio Ambiente han de relacionarse de un modo muy estrecho para permitir tanto el aprovechamiento como la protección de las cualidades del lugar sin un disparatado gasto de recursos, y este modo de ver resulta cada vez más incorporado a las producciones, incluso de esas mismas vanguardias, aunque a veces aún no se expresen de manera explícita, en las publicaciones culturales al uso.

La arquitectura energéticamente consciente, en contra de algunos prejuicios existentes, no obliga en absoluto a adoptar unas soluciones de diseño predeterminadas, ofreciendo, al contrario, nuevas vías abiertas y sugerentes a la imaginación e investigación formal.

La arquitectura bioclimática no debe entenderse como un fundamentalismo funcionalista, sino como un soporte del diseño que debe adaptarse a las necesidades del individuo, muchas veces marcadas por factores extraños a la racionalidad ambiental. La flexibilidad del proyecto bioclimático reside, precisamente, en enriquecer situaciones no ideales, por muy difíciles que parezcan.

EL MANUAL DE DISEÑO DE ESTE LIBRO

El Manual de Diseño (que constituye la segunda parte de esta publicación) ha sido concebido con el objetivo de ser una herramienta útil de aproximación para el arquitecto que esté interesado en las posibilidades de la Arquitectura Bioclimática dentro del ámbito de la Comunidad Canaria. En este sentido hay que entenderlo, advirtiendo que el conocimiento exhaustivo de la Arquitectura Bioclimática como disciplina y de todos los factores que en ella intervienen, excede ampliamente los límites del

mismo, como no podía ser de otra manera en una materia que es objeto de cursos especializados, tiene una vasta bibliografía y se encuentra en constante investigación por equipos pluridisciplinares.

Los planteamientos expuestos en este manual tienen dos aco- taciones claras: por un lado la delimitación geográfica, que reduce su ámbito de aplicación a un contexto determinado, y por otro el nivel científico-técnico desarrollado, relativo al grado de intensidad con el que se encuentran tratados tanto los comentarios teóricos, la presentación de datos y las recomendaciones de actuación.

Este manual se ha desarrollado pensando en las condiciones de las Islas Canarias y a ellas se refiere; no tiene, por lo tanto, comentarios o consejos para otros tipos de climas o situaciones que no existen en este territorio.

El Código Técnico de la Edificación, publicado hace unos años, marca una serie de directrices para el ahorro y la eficiencia energética; en ese sentido, esta parte adopta los términos y unidades de medida de dicho código, a fin de que este manual facilite información y datos elaborados para el cumplimiento o la superación del mismo.

Lo cierto es que las características del medio natural y climáticas en Canarias se acercan en muchas localizaciones y en una buena parte del año a las condiciones de confort, tanto en la vertiente norte como en la sur a pesar de las diferencias climatológicas entre ambas vertientes, como se irá comprobando a lo largo de esta parte, por lo que las posibilidades de encontrar soluciones arquitectónicas con sistemas de adecuación sencillos y globalmente económicos son muchas y en ellas se incide preferentemente.

Dentro del ámbito geográfico al que se ciñen las exposiciones aquí contenidas, se ha optado por la presentación de los datos y del material que se ha considerado necesario para una correcta evaluación del mismo. En los límites de lo científicamente admisible, se han presentado aquellas informaciones, valores, relaciones y variables consideradas imprescindibles.

Las exposiciones, datos y cuadros que se muestran son el resultado de un trabajo previo de elaboración para hacerlos más accesibles a un público no excesivamente familiarizado con la terminolo-



Vertiente Norte



Vertiente Sur

gía y las variables empleadas. Asimismo se ha intentado reducir al máximo las fórmulas matemáticas que resuelven las relaciones entre variables, de modo que éstas se presenten de la manera más directa posible y permitan una aproximación fácil y suficiente.

Uno de los trabajos más complejos que ha supuesto parte de su redacción ha sido analizar, re-estudiar y "traducir" a los condicionantes locales muchos datos y recomendaciones apropiados para otros climas, que aparecen en textos, sobre todo anglosajones, centroeuropeos y estadounidenses, pero que aplicados tal y como aparecen en ellos resultarían contraproducentes en nuestro caso.

El nivel de las exposiciones teóricas que se muestran es el que se ha considerado necesario para un conocimiento básico suficiente de todos los factores que intervienen en la Arquitectura Bioclimática y que conviene conocer para poder disponer de criterios a la hora de evaluar situaciones específicas.

Al ser la Arquitectura Bioclimática una disciplina que liga una gran cantidad de factores a tener en cuenta, algunos cuantificables y otros de muy difícil estimación, se ha seguido en su exposición un doble propósito: utilizar una secuencia cronológica similar a la que se realizaría realmente en un análisis bioclimático, par-

tiendo de lo general a lo particular, y por otro primar la asimilación de criterios frente a la mera cuantificación de parámetros.

En cuanto a este último aspecto, creemos que lo más interesante para el profesional es tener claros los factores que intervienen en el campo del análisis bioclimático, su repercusión y su posible respuesta desde la Arquitectura. El dar un prolijo desarrollo teórico de complejas relaciones entre variables interdependientes excedería, complicaría y dificultaría el propósito de acercamiento básico que guía este libro.

En cualquier caso, quien esté interesado en ampliar en detalle aspectos de cálculo más complejos, puede remitirse a la bibliografía existente en este sentido, a los programas informáticos que se encuentran comercializados o a los institutos de investigación en energías renovables y arquitectura bioclimática que se encuentran trabajando sobre el tema.

El presente texto tiene dos posibles lecturas, una lineal, en la que se van exponiendo secuencialmente todos los pasos necesarios y los conocimientos imprescindibles para poder iniciar al profesional en el desarrollo de un proyecto de arquitectura bioclimática, y otra lectura práctica, en la que cada cual podrá utilizar los datos expuestos y las recomendaciones de uso que más se adapten a cada circunstancia.

LA ORGANIZACIÓN DE ESTE MANUAL

En el aspecto organizativo, este manual se estructura en apartados sucesivos que siguen la metodología operativa necesaria para proceder a la aplicación de criterios bioclimáticos en el diseño de Arquitectura. Cada profesional deberá evaluar, según sus propias condiciones de diseño, cuáles de los aspectos aquí recogidos le son más coincidentes.

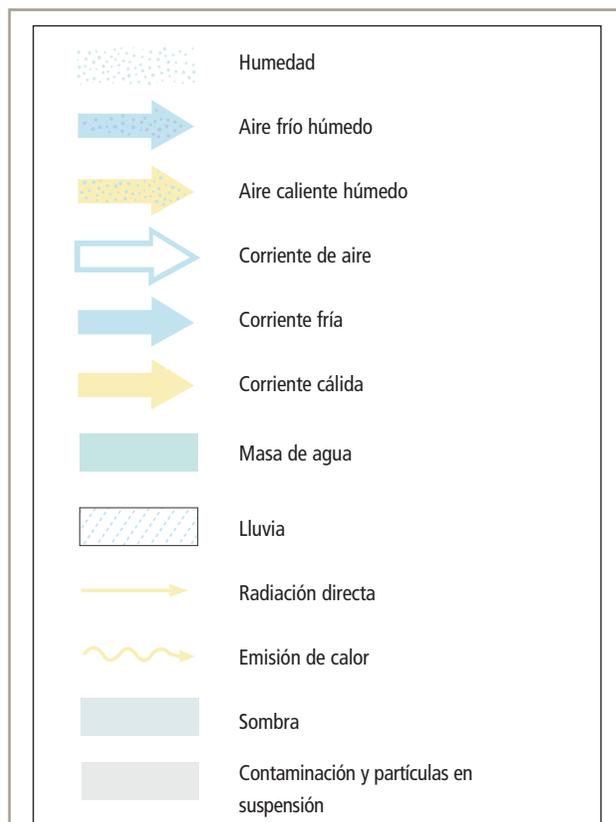


Figura 10.1. CÓDIGO GRÁFICO.

Para las ilustraciones de esta parte se ha diseñado un código gráfico común a todas ellas que, con el fin de facilitar la lectura, se ha procurado sea muy simple y lo suficientemente expresivo de los distintos parámetros que intervienen en cada una de las situaciones descritas.

Se inicia con una primera parte dedicada al Análisis Climático, pues sin éste no puede existir la Arquitectura Bioclimática. Este análisis se divide en cuatro apartados:

1. En el primer apartado se estudia el Clima en relación con la influencia que ejerce según la extensión geográfica considerada, dividiéndose en clima regional, mesoclimas y microclimas, exponiendo las características propias de cada uno.
2. En el apartado segundo se trata de la relación entre clima y hombre. Esta relación se expresa mediante los diagramas bioclimáticos de Olgay y Givoni, que relacionan los parámetros bioclimáticos (temperatura, humedad, viento, y radiación) con la sensación de confort.
3. En el tercer apartado se tratan detalladamente los parámetros bioclimáticos que influyen en la sensación de confort. Tomando como variable dependiente la temperatura, se pasa a analizar el viento, la humedad y la radiación solar.
4. En el cuarto y último apartado de la primera parte se recogen los parámetros bioclimáticos en las áreas donde se supone un mayor desarrollo de la población y un número de puntos mínimos que tengan en cuenta los diferentes mesoclimas que se crean en las islas por su posición geográfica. Dichos parámetros se presentan ya elaborados en las cartas bioclimáticas correspondientes de Olgay y Givoni, comentadas específicamente en cada zona para su aplicación a soluciones constructivas.

La segunda parte del manual se encuentra dedicada a las estrategias de diseño que desde la arquitectura se pueden utilizar para procurar alcanzar la sensación de confort en las edificaciones cuando ésta no existe de modo natural.

En primer lugar se definen los valores de los parámetros bioclimáticos entre los que se sitúa la zona de confort, para después pasar a analizar cómo es posible su variación, cuando éstos no son aceptables, utilizando medidas correctoras desde la Arquitectura.

Progresivamente se tratará de definir los sistemas utilizables para conseguir estas variaciones: calefacción por ganancias internas, calefacción por aprovechamiento pasivo de la energía

solar, calefacción por aprovechamiento activo de la energía solar, humidificación, calefacción convencional, protección solar, refrigeración por alta masa térmica, enfriamiento por evaporación, refrigeración por alta masa térmica, aire acondicionado y deshumidificación convencional.

Se termina con tres apartados de gran importancia, relativos al aislamiento: la transmisión de calor en muros, forjados y huecos. Todos ellos se han realizado teniendo en cuenta los materiales habituales actualmente en la edificación en las islas.

Tras su desarrollo, esta segunda parte aporta unas conclusiones generales en las que se analizan las enormes posibilidades de la Arquitectura Bioclimática en el marco de la Comunidad Canaria, donde gracias a lo benigno del clima, no habrá que adoptar estrategias drásticas como las que derivarían de un diagrama realizado para climas más extremos.

A partir de la lectura y comprensión del texto de este Manual se puede reflexionar sobre las fortalezas y debilidades de la aplicación del CTE al clima canario, que debe revisarse especialmente en lo que atañe a dos aspectos fundamentales: la zonificación climática (cuyo cálculo de severidades no contempla un factor básico del confort como es la humedad, de especial relevancia en los climas canarios) y la excesiva laxitud en la exigencia de protecciones solares (ya que todos los diagramas de confort que se aportan en este manual las prescriben, a diferencia del CTE que no las contempla en fachadas sur hasta muy elevados porcentajes de vidrio).

Éstos son aspectos básicos que debieran “traducirse” a las particularidades locales y recogerse en la preceptiva revisión del CTE, establecida por ley para el año 2011. La consecución de la eficiencia energética y el confort en las edificaciones canarias (sin la necesidad de implementar equipos activos de alto coste de instalación y mantenimiento) es posible en la mayor parte del territorio del archipiélago mediante el adecuado diseño bioclimático y las estrategias de la arquitectura solar pasiva, es decir, sin consumos energéticos. Y en la certificación energética de las edificaciones canarias, éste debería ser el principal aspecto puntuable, por encima de la instalación de equipos activos, por eficientes que estos sean.

11. CONSIDERACIONES SOBRE EL CLIMA A TENER EN CUENTA PARA LOS DISEÑOS URBANO Y ARQUITECTÓNICO

M. de Luxán García de Diego, A. Reymundo Izard, M^a. V. Marzol Jaén

El acuerdo entre los términos del binomio Arquitectura-Naturaleza depende de que las relaciones entre las cualidades de una y otra sean las apropiadas y de que el diseño de la primera haya tenido en cuenta las propiedades de la segunda.

Si la arquitectura bioclimática es aquella que optimiza sus intercambios energéticos con su entorno a través de su propio diseño, el acuerdo se conseguirá cuando el objeto arquitectónico haya sido estudiado de modo que, analizadas las condiciones del medio, aprovecha unas, modifica otras y se protege de unas terceras en orden a la obtención del confort humano.

Se dice que el hombre está en situación de confort térmico cuando se da el equilibrio entre las pérdidas y ganancias energéticas del cuerpo humano de modo que el gasto de energía para adaptarse al medio ambiente es mínimo.

Para la evaluación del efecto combinado de los valores ambientales sobre las respuestas fisiológicas y sensoriales del hombre, se han desarrollado diferentes Índices Térmicos. En la elaboración de estos Índices Térmicos se han usado distintos parámetros y combinaciones de ellos, pero de un modo general se puede decir que, de esas variables, hay unas que dependen del medio y otras del individuo.

Los parámetros que intervienen en la sensación de confort, dependientes del medio natural o edificado, básicamente son: temperatura, humedad o presión de vapor, la radiación y el viento y el movimiento del aire.

Dependientes del individuo son los parámetros internos debidos a su metabolismo y aclimatación y los externos de actividad física y vestido.

Todas las escalas del quehacer arquitectónico tienen una componente bioclimática. Desde la ordenación urbana hasta la selección de los materiales pasando por el diseño de los espacios, pueden tener en cuenta las condiciones climáticas y desde la perspectiva del intercambio energético con el medio, modificar éste para crear mesoclimas y microclimas, en los que los valores de los parámetros bioclimáticos se aproximen o coincidan a los que producen para el hombre una sensación térmica agradable.

Lógicamente el planteamiento de un proyecto de arquitectura como bioclimático, pasa por el estudio pormenorizado de los parámetros citados.

En el caso de este Manual, se tiene la suerte de contar con unos datos sobre el clima y el territorio muy específicos sobre las condiciones canarias.

En las páginas siguientes se va a hablar de los elementos que regulan los factores climáticos en cada una de las escalas:

1. A nivel amplio, de ámbito de región natural, las **condiciones climáticas generales**.
2. En la escala del ambiente próximo, con las condiciones particulares de la zona, el **mesoclima**.
3. En los espacios inmediatos e interiores al objeto arquitectónico, el **microclima**.

El proyectista no puede influir de un modo directo en las condiciones generales y en las del medio próximo, pero si escoger cómo se ubica en ellas. Sólo en los casos de ordenación territorial de una determinada escala (Planes Insulares, Planes Generales de Ordenación Urbana, etc.), podrá intervenir en el mesoclima, pero normalmente, sí puede actuar en el entorno inmediato y en las cualidades de la edificación propiamente dicha, y con ello en las condiciones térmicas específicas de los espacios vivideros de la arquitectura.

Sin embargo la edificación, aún la más pequeña, termina incidiendo en el ambiente global, ya que la obtención de materiales, el transporte, la fabricación, etc. lo afectan.

Los términos que se señalan pueden ser mirados desde las dos perspectivas:

1. Desde el punto de vista del conocimiento y diagnóstico del microclima para ver su influencia en las arquitecturas existentes.
2. Desde las posibilidades proyectuales, utilizándolos como variables en el diseño para crear nuevas condiciones microclimáticas.

DATOS GENERALES	MESOCLIMA (clima general de la zona)		MICROCLIMA (clima específico del lugar)	
	Factores determinantes	Pueden modificar	Factores determinantes	Pueden modificar
1. Datos de los observatorios: Temperatura Humedad Viento Precipitaciones Radiación solar	1. Forma y tipo del territorio	Temperatura Viento Radiación Albedo	1. Forma y tipo del suelo	Temperatura Viento Radiación Albedo
	2. Proximidad del mar	Temperatura Humedad Viento	2. Proximidad del mar	Temperatura Humedad Viento
	3. Masas de vegetación	Temperatura Humedad Viento Albedo	3. Vegetación	Temperatura Humedad Viento Albedo
2. Latitud				
3. Altitud. Relieve	4. Turbiedad del aire	Radiación Temperatura	4. Turbiedad del aire	Radiación Temperatura
	5. Núcleos urbanos	Temperatura Radiación Dirección y velocidad del viento	5. Construcciones	Temperatura Radiación Dirección y velocidad del viento

Tabla 11.1. Análisis climático. Esquema de aproximación al clima de un lugar concreto.

EL CLIMA REGIONAL

DATOS CLIMÁTICOS GENERALES

Básicamente hay tres elementos de fácil obtención que dan las condiciones bioclimáticas generales del lugar (tabla 11.1):

Datos de los observatorios

En la introducción de este libro aparece una descripción pormenorizada del clima canario, tomando áreas geográficas de mayor desarrollo urbanístico en combinación con su diferente posición geográfica con lo que se le presupone un clima específico.

A través de los valores de temperatura, humedad, precipitaciones, vientos y radiación medidos, se pueden obtener los valores de los parámetros bioclimáticos de la zona geográfica en la que se encuen-

tra el lugar en estudio, y conocer las temperaturas máximas y mínimas, pluviosidad y dirección de los vientos, las frecuencias de días calurosos y fríos y las de distintos meteoros (vientos fuertes, lluvias torrenciales, etc.). Hay que tener en cuenta que, muchas veces, al hacer una arquitectura adecuada al clima, son más interesantes estas frecuencias de valores extremos de las medias que los propios valores medios de cada parámetro.

Un factor a considerar en las regiones semiáridas es el rocío. Su importancia viene dada porque impide la evaporación de agua del suelo, con lo que aumentan las condiciones de humedad.

En general, en los registros climatológicos sólo se toma en consideración la presencia o ausencia de rocío y niebla, y se contabilizan las frecuencias, el número de días por mes en los que se da. Estos datos vienen siempre influidos por los parámetros geográficos de latitud y altitud que se expresan a continuación.

Latitud

Las Islas Canarias se encuentran entre 27° 37' N y 29° 23' N por lo que en esta publicación vamos a simplificar, unificando para trabajar con la carta solar de los 28° N.

La latitud establece la relación entre el lugar y el sol. Influye directamente en la radiación solar tanto directa como difusa, y por lo tanto en las condiciones más generales del clima. En particular señala la posición del sol con respecto al punto de estudio a lo largo del tiempo y establece los ciclos anuales con las estaciones y los ciclos diarios con la variación día-noche.

Altitud

Determina el volumen de atmósfera que han de atravesar los rayos solares. Influye directamente en la radiación y en las condiciones generales del clima. En general, al aumentar la altitud, la presión del aire disminuye, la radiación solar es más intensa al tener que atravesar una capa atmosférica menor y la radiación nocturna es también mayor. Ello da origen a oscilaciones diarias de temperatura mayores que en los lugares de menor altitud, y por tanto a temperaturas medias más bajas.

En Canarias el relieve posee altitudes muy diversas: desde el nivel del mar hasta los 3.716 m del Teide, con lo que también hay distintas condiciones climáticas en función de la altitud.

Es interesante observar cómo en la cara norte de las Islas de relieve más accidentado (Islas Occidentales y Gran Canaria), el mar de nubes altera este fenómeno.

PRECISIONES A LOS DATOS GENERALES

En esta publicación se han incorporado Mapas Climáticos de Canarias y de distribución de la pluviosidad (1). Si se tratase de estudiar un lugar que no fuera ninguno de los seleccionados en este Manual, el valor en cada punto podrá tomarse analizando los gradientes entre las zonas estudiadas más próximas y con características similares.

La ponderación de los datos se hace por comparación de las características geográficas generales del área de estudio, en especial latitud, altitud y orientación.

Una de las correcciones más frecuentes es la de la temperatura por la diferencia de altitud del lugar. Ya se ha comentado el diferente comportamiento entre las vertientes Norte y Sur de las islas más accidentadas lo cual se refleja en la figura 11.1.

Aunque habitualmente se viene afirmando que la altitud produce un gradiente térmico medio de 0,55 °C por cada 100 m de ascenso, esta afirmación resulta incierta para su aplicación en el Archipiélago Canario, ya que la realidad es en él mucho más

diversa, creando condiciones particulares en cada isla, cada vertiente y cada estación, lo que no permite hacer afirmaciones generalistas, resultando más ajustado trabajar considerando condiciones de semejanza con puntos de los que el Manual contiene datos de cada isla; es por esto que este manual ofrece datos específicos de tantos lugares.

Básicamente los rasgos geográficos que intervienen en esta ponderación, además de las citadas anteriormente, son la forma del territorio y el grado de continentalidad.

Forma general del territorio

La forma general del terreno, valle, área plana, zona de montaña, barranco, etc., es una de las características que modifica los valores climáticos produciendo una primera zonificación de los valores de temperatura, humedad, etc.

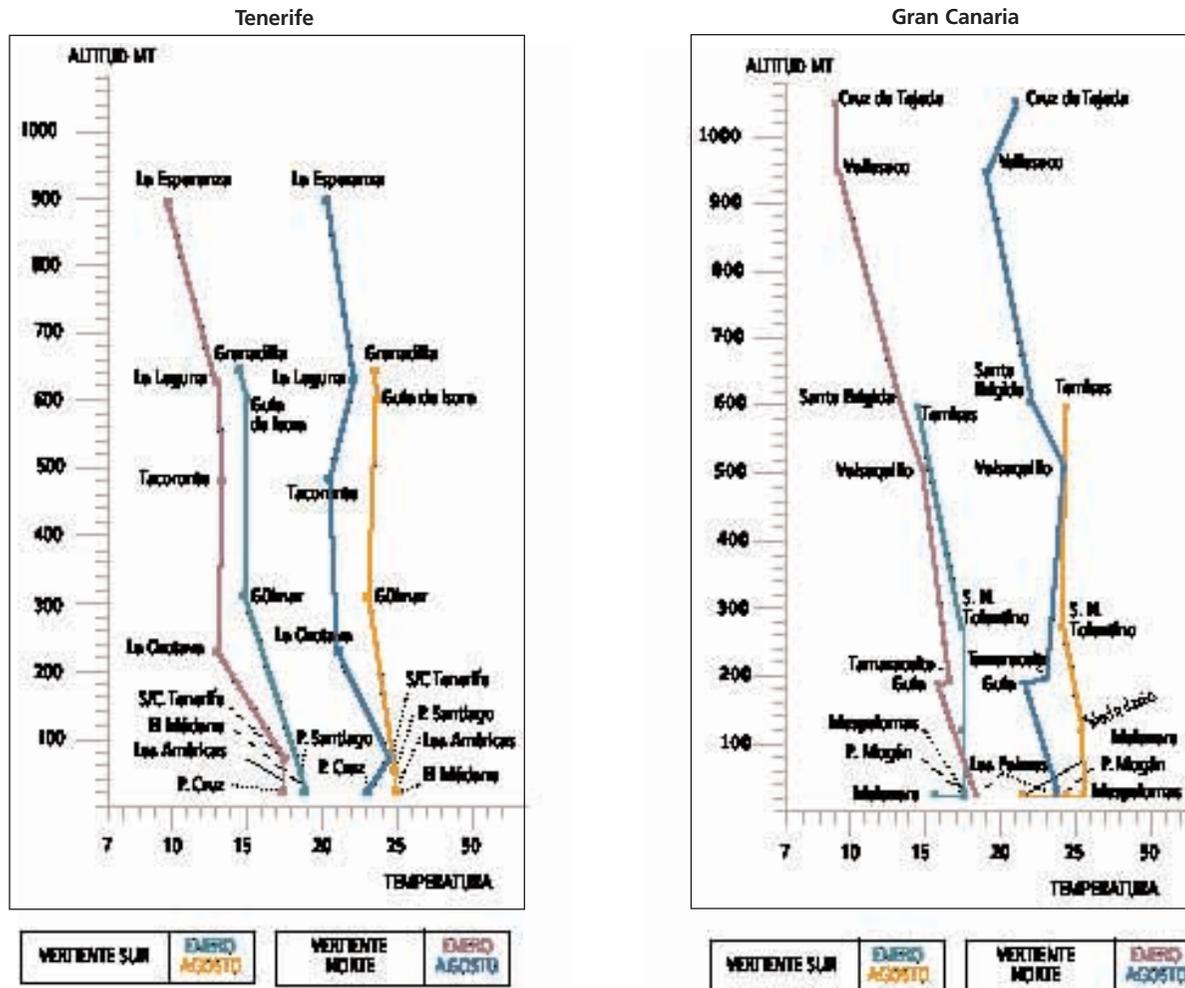


Figura 11.1. Gráfico Temperatura - Altitud - Vertiente

(1) Fuente: Instituto Nacional de Meteorología. Elaboración M:V. Marzol. GRAN ATLAS TEMÁTICO DE CANARIAS. Editorial Interinsular Canaria. Dic. 2000.

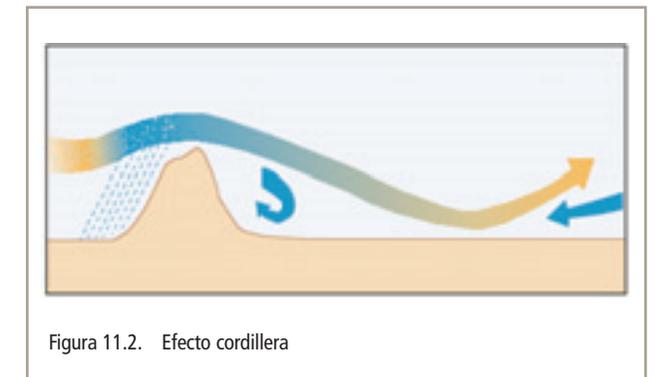


Figura 11.2. Efecto cordillera

Las cordilleras, como la de Anaga en Tenerife, los conjuntos de formaciones montañosas encadenadas, como Tamadaba, Fontanales y Tejeda en Gran Canaria, la Cumbre de los Andenes, Cumbre Nueva y Cumbre Vieja en La Palma, los relieves que acompañan al monte de El Cedro en La Gomera, Los Lomos y Los riscos de Tibataje en el Hierro..., separan dos zonas climáticas diferentes. En ellas, se produce una fuerte asimetría con respecto al viento en cada una de sus vertientes. El viento, al no poder contornear el obstáculo horizontalmente, crea diferencias entre las zonas de barlovento y sotavento.

Como el alisio es húmedo, también se crean diferencias importantes entre las dos vertientes en cuanto a la humedad. Los procesos hidrodinámicos se pueden complicar con la evaporación y la condensación según sean los vientos fríos o cálidos.

La asimetría de las vertientes se acusa más cuanto más alto sea el obstáculo interpuesto al viento. De ahí la diferencia paisajística entre las Islas Orientales, más llanas y uniformes climáticamente, y las Occidentales de relieve más marcado, con vertientes más verdes al Norte y más secas al Sur.

En Gran Canaria, Tenerife, La Palma, La Gomera y El Hierro, islas de orografía más accidentada, las precipitaciones son más frecuentes en las laderas norte de medianía; el aire, al remontar un obstáculo orográfico disminuye su temperatura, con lo que acelera la condensación del vapor de agua que contiene y origina precipitaciones que causan sombras pluviométricas; es decir, áreas en las que normalmente no se dan precipitaciones porque las condiciones de la ladera contraria hace que la condensación se produzca antes de llegar a ellas (figura 11.2).

Grado de continentalidad

El clima de un lugar se ve afectado por su mayor o menor proximidad al mar (grado de continentalidad).

Debido a su carácter de regulador térmico, el mar suaviza la temperatura y, como productor de vapor de agua, modifica el grado de humedad y la turbiedad del aire y, a consecuencia de ello, la cantidad de radiación directa y global.

El mar, con su mayor o menor proximidad, crea también regímenes de vientos y brisas propios que alcanzan una cierta pro-

fundidad tierra adentro dependiendo de la forma del terreno. De ello se hablará más detenidamente al analizar los mesoclimas.

MESOCLIMAS

Los parámetros atmosféricos obtenidos del estudio climático a nivel regional pueden ser modificados por las características del entorno geográfico del área que, en muchos casos, pueden crear mesoclimas propios con condiciones matizadas respecto al sector general en el que se enclava.

En las actuaciones arquitectónicas a nivel de Ordenación Territorial, se puede prever la modificación de algunos de los factores geográficos, como la vegetación o la conservación de suelos, en orden a aproximar las cualidades mesoclimáticas a las de confort humano.

En este apartado se incluyen también mesoclimas típicos de algunos conjuntos geográficos especiales, como valles, barrancos, bosques, montañas, etc.

FACTORES DETERMINANTES

Los factores cuya influencia modifican las condiciones climáticas antes obtenidas son: la forma del terreno con sus peculiaridades topográficas, el tipo de superficie, la vegetación, la presencia de agua y la naturaleza del área y de sus alrededores.

Forma y tipo del territorio

No sólo los relieves de las Islas Canarias son muy variados; también hay que tener en cuenta que las superficies que conforman dichos relieves no suelen ser planas, sino que en numerosas ocasiones están surcadas por barrancos, degolladas, etc., que pueden llegar a ofrecer distintas orientaciones dentro de una misma vertiente.

Con respecto a la radiación solar hay que tener en cuenta las formas geométricas del área en dos niveles: las orientaciones y valor de sus pendientes, que afectan al grado de insolación de las distintas superficies y, por tanto, a su temperatura, creando gradientes térmicos entre lugares próximos.

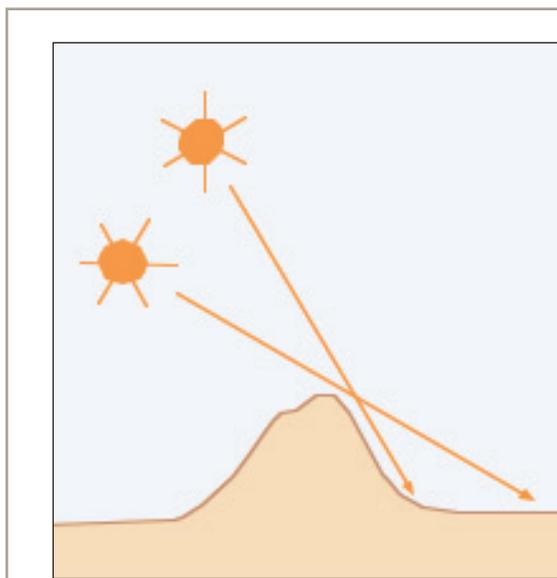


Figura 11.3. Obstrucciones solares

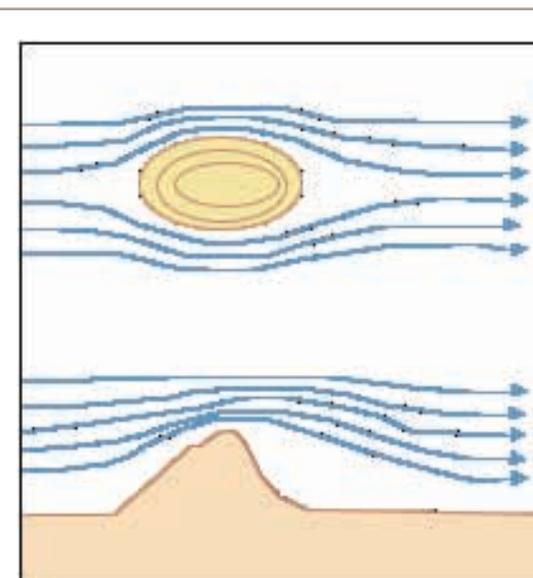


Figura 11.4. Acción del viento en una colina

Estas formas quebradas, dependiendo de su magnitud y orientación, pueden formar obstrucciones a los rayos solares dejando unas áreas en sombra y otras soleadas cuyas temperaturas serán distintas, marcando aún más los gradientes de temperaturas entre puntos muy próximos, en las que varían el número de horas de insolación, lo que veremos reflejado en los datos de radiación de poblaciones que se encuentran en laderas opuestas o en condiciones de solana y umbría (figura 11.3). Por ejemplo: en la isla de La Palma, Los Llanos de Aridane, situada en la vertiente sur-oeste, recibe 2.975 horas de sol al año, mientras que en Mazo, con orientación norte, se reciben 2.087 horas. Es necesario tener en cuenta la variación estacional y diaria de la trayectoria solar, pues de ella dependen algunos procesos zonales de tipo cíclico.

La diferencia de radiación en las distintas superficies de una misma área influye en la distribución de las temperaturas dentro de ella interviniendo en la formación de brisas. Las áreas sobrecalentadas crearán corrientes de aire de tipo ascendente, y los gradientes de temperatura provocarán brisas en el sentido de conseguir el equilibrio.

Nieve (a partir de los 2000 m)	20% - 70%
Dunas (en playas)	30% - 60%
Suelo arenoso, erosionado y jable	15% - 40%
Praderas	12% - 30%
Áreas urbanas (alta densidad de construcción)	15% - 25%
Bosque de coníferas (verano)	13%
Bosque termófilo (verano)	5% - 10%
Suelos de cultivo	7% - 10%
Superficies de agua	3% - 10%

Tabla 11.2. Niveles de albedo (Geiger, 1965) según el tipo de cubierta de la superficie del terreno. Los valores se expresan en tanto por ciento de radiación solar reflejada.



Las formas geográficas pueden variar las características de los vientos de modo que los vientos dominantes en el sector no coinciden en dirección e intensidad con los generales de la zona. Las características topográficas pueden crear áreas protegidas en las que la velocidad es prácticamente nula (Acantilado de los Gigantes, Puerto Mogán) y otras sobreexpuestas en las que el valor de la velocidad del viento es superior a la de los datos ofrecidos por el observatorio meteorológico (Pozo Izquierdo, El Médano y Jandía). La velocidad del viento en lo alto de una colina se acelera por compresión de las corrientes de aire (figura 11.4).

Uno de los fenómenos apreciables en las islas de más relieve, y que influirá en el diseño, es que las condiciones generales de la zona influyen mucho en la velocidad del viento. La intensidad aumenta al disminuir las obstrucciones, incrementándose progresivamente desde los terrenos con protección, pasando por los espacios abiertos en los que las superficies rugosas como monte bajo o matorral disminuyen más la velocidad del viento que superficies más lisas como eriales o campos de cultivo, a las costas, llegando al mar abierto, en el que la intensidad no sufre variación.

Otro factor a tener en cuenta es el tipo de material de que están compuestos los terrenos: incide en la reflexión de los rayos solares (albedo) y por tanto en la radiación incidente sobre el entorno (tabla 11.2). Por otro lado, por su capacidad de recoger agua y devolverla lentamente, influye en la humedad ambiental, y de un modo indirecto, en el tipo de vegetación que se encuentra o puede ser plantada en las proximidades.

En el caso de Canarias, como conjunto de islas volcánicas, los terrenos tienen básicamente un albedo variable, dependiendo del sustrato.

En esta escala de mesoclima, y antes de pasar al estudio puntual, hay que apreciar que en un terreno muy complejo, se puede dar un sistema con muchas variaciones.

Agua

En los primeros asentamientos humanos canarios, el agua fue determinante en la posición y ubicación de la población por motivos de consumo y riego y, más tarde, como base para el comercio marítimo.

La presencia de agua, tanto superficial como subterránea, influye en las cualidades climáticas del área próxima. En general, su acción es la de modificar las condiciones de humedad y las de temperatura.

Aguas Superficiales

En Canarias el mar es la única masa de agua capaz de modificar las temperaturas medias de su área de influencia, disminuyendo la oscilación diaria y anual de temperaturas e incrementando la humedad relativa.

Dado que las masas de agua no se calientan tanto como la tierra cuando están sometidos a radiación ni se enfrían demasiado durante la noche es por lo que actúan como reguladores térmicos (figura 11.5). La temperatura superficial, bastante estable,

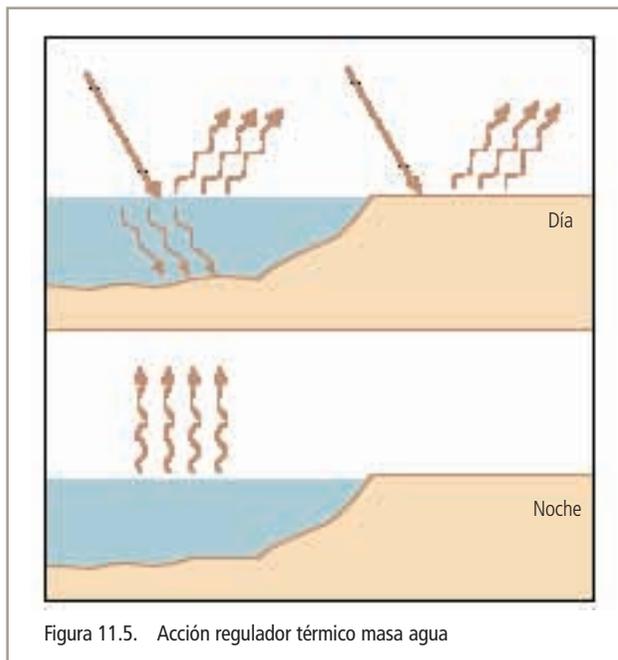


Figura 11.5. Acción regulador térmico masa agua

influye en la temperatura del aire adyacente, produciendo un enfriamiento durante el día y templándolo durante la noche.

Aguas Profundas

Los pozos y galerías, que son los acuíferos subterráneos de los que se abastece la mayor parte de la población canaria, no producen en sí mismos alteraciones a las constantes climáticas. Su presencia, sin embargo, puede ser definitiva para la existencia de otros elementos como la vegetación, que sí interviene; en este sentido un aprovechamiento bien estudiado de estos acuíferos sí puede influir en las condiciones medioambientales de un terreno.

Muchas veces son también un factor determinante de la capacidad de un territorio para albergar determinados usos humanos, entre ellos el urbano.

Dentro de este factor es necesario tener en cuenta la vulnerabilidad, riesgo de contaminación de los acuíferos, pues un mal proyecto de desarrollo de las actividades puede eliminar absolutamente la capacidad de acogida de la zona para los usos previstos (figura 11.6).

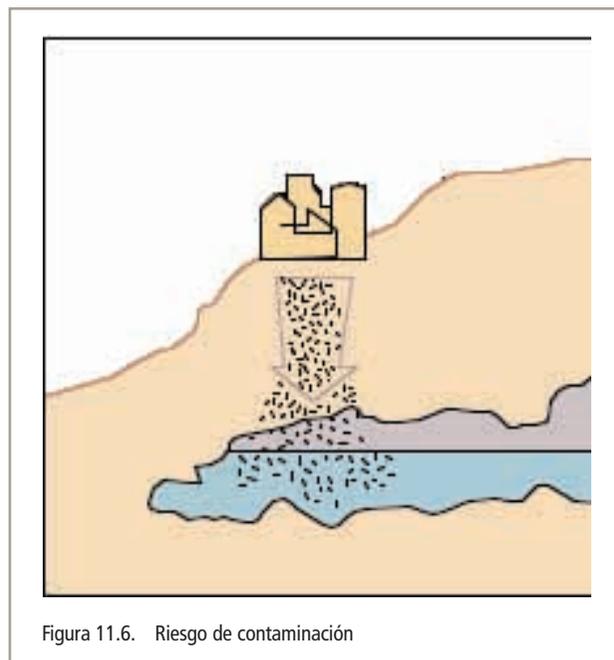


Figura 11.6. Riesgo de contaminación

Masas de vegetación

La vegetación es un elemento modificador del clima en todos sus aspectos y en todas las escalas, desde los bosques que crean *mesoclimas* a las pequeñas terrazas de cultivo que modifican microclimáticamente su entorno.

La capa vegetal interviene en la modificación de la temperatura de la zona por su condición de absorber la luz solar, por el efecto de sombra y por la humedad de su transpiración, que modifica la temperatura del aire, corrigiendo las temperaturas medias y las oscilaciones máximas-mínimas.

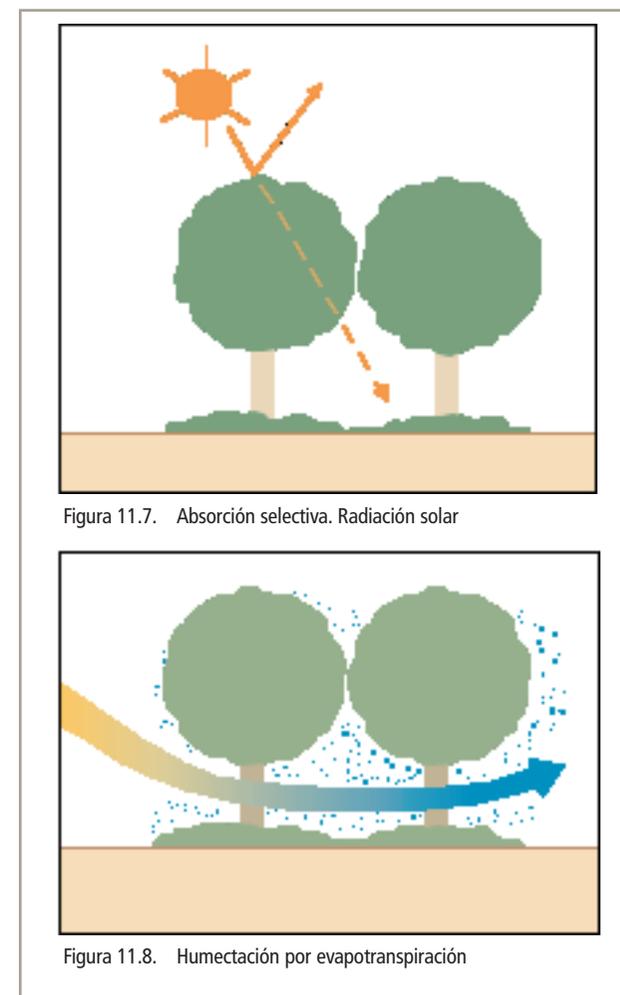


Figura 11.7. Absorción selectiva. Radiación solar

Figura 11.8. Humectación por evapotranspiración

Las áreas cubiertas de plataneras, cultivos y matorral bajo son ejemplos de zonas cubiertas de vegetación donde la temperatura de la superficie es enfriada por la evaporación del agua transpirada a través de las hojas. Como las superficies de las hojas no se calientan mucho por el sol, este proceso reduce la temperatura del aire sobre la vegetación a lo largo del día (figura 11.7).

La evapo-transpiración es el conjunto de pérdidas de agua en forma de vapor por la superficie del suelo (evaporación) y por la vegetación (transpiración); está influenciado por factores que dependen del tipo de suelo, de las condiciones climáticas y del tipo de vegetación (hay períodos en que las plantas necesitan mucha agua mientras en otros son poco sensibles a ella).

La humedad relativa del aire queda modificada por el fenómeno de evapo-transpiración, además de por la fijación de humedad que producen las plantas en sí mismas (figura 11.8).

Dependiendo del tipo de cubierta vegetal los vientos se modifican en cuanto a su intensidad, y en función de su densidad y altura pueden convertirse en obstáculos que en determinadas zonas cambian además su dirección.

Por otra parte, la vegetación cambia los contenidos del aire fijando el polvo, enriqueciendo su contenido en oxígeno y reduciendo la cantidad de anhídrido carbónico.

La vegetación es uno de los elementos importantes a ser integrado en el diseño bioclimático, aprovechando sus efectos generales, sus posibilidades por especies (tamaño, contenido en agua, captación de radiación, tipo de sombra) y sus distintos comportamientos estacionales (hoja caduca o perenne, cambio de color, etc.).

Obstrucciones por turbiedad del aire

En Canarias, la calidad del aire es apreciable, no en vano se encuentran en estas islas prestigiosos observatorios astronómicos de diversos países, que aprovechan estas condiciones.

Aparte de fenómenos de contaminación localizados debidos a actividades industriales (refinería, polígonos industriales, centrales térmicas), el régimen de vientos y brisas en el litoral, donde se encuentran las mayores aglomeraciones urbanas, minimiza los problemas derivados de la urbanización a nivel de mesoclima.

El clima suave, que no obliga a unos usos y consumos intensivos de sistemas de climatización y su consiguiente contaminación atmosférica, también hace que la turbiedad del aire en zonas urbanas no sea un fenómeno aún grave.

Sin embargo, pueden llegar a ser apreciables la turbiedad por aerosol marino y la que se produce por la incidencia del Siroco, viento cargado de arena procedente del desierto africano (calima).

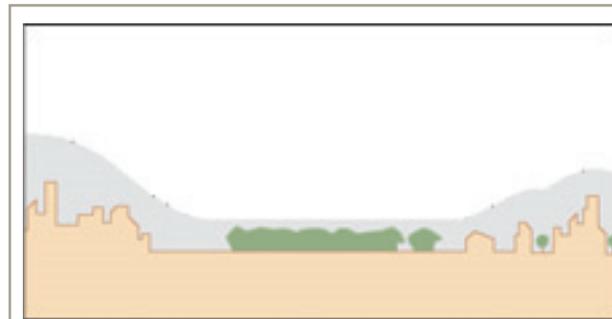


Figura 11.9. Turbiedad del aire en zonas urbanas



El estado de la atmósfera en cuanto a su limpieza es un factor importante con respecto a las condiciones de radiación en una determinada área. En parte aparecerá reflejado en los datos de radiación, recogidos en los observatorios al nivel del suelo.

La turbiedad consiste en la acumulación en el aire de partículas en suspensión, como gotas de vapor o de polvo, que parcialmente absorben o reflejan la radiación solar que penetra a través de la atmósfera y disminuyen la visibilidad (figura 11.9).

Generalmente, y en situaciones geográficas con poca densidad de actividad humana, es mayor la acumulación de dichas partículas en verano que en invierno, debido tanto a la escasez de precipitaciones que limpien la atmósfera como a la cantidad de partículas de vapor de agua levantadas por evaporación.

MESOCлимAS ESPECÍFICOS CREADOS POR CONDICIONES GEOGRÁFICAS ESPECIALES

Como se ha indicado anteriormente, las características del entorno próximo al proyecto pueden variar de tal modo las condiciones climáticas, que se creen mesoclimas cuyas características se encuentran muy separadas de las del clima general obtenido de la información de los observatorios meteorológicos.

En la mayor parte de las ocasiones estas transformaciones climáticas son consecuencia de determinadas configuraciones. La extensión de éstas es muy variable y pueden ocupar áreas muy considerables o ser pequeños accidentes dentro de un territorio.

Las variaciones climáticas debidas a configuraciones orográficas muy extensas como valles y bosques estarán incluidas normalmente en los datos climáticos que se recogen de la red de observatorios. Sin embargo, en sistemas de relativamente poca extensión habrá que contar con ello.

Un caso particular se produce en las áreas urbanas de un cierto tamaño en las que se crean condiciones especiales dependiendo de la densidad y altura de la edificación, de la proporción de zonas verdes y su distribución, pudiendo incluso tener zonificaciones internas en las que las variaciones de los parámetros climáticos son importantes.

Mesoclimas de montaña

Las condiciones climáticas de las áreas montañosas son significativamente diferentes de las de los vecinos terrenos planos. La radiación y la dirección de los vientos varían con la topografía, y por ello cada vertiente tendrá distintas características.

En una montaña aislada se aprecian procesos de calentamiento y enfriamiento más rápidos que en una planicie. Las oscilaciones de temperatura en la cima de una montaña son mayores que en el llano.

En las laderas de las montañas, dependiendo de su orientación, el sol puede incrementar la temperatura y las superficies recalentadas generan una corriente de aire superficial caliente ascendente por la ladera durante el día. Por la noche, cuando las superficies se enfrían, el gradiente de temperatura decrece y finalmente se invierte, circulando el aire, frío, en dirección contraria, es decir, descendente (figura 11.10).

El viento, en su interacción con el relieve, ejerce una influencia notable. Al incidir sobre una montaña, el viento se desvía vertical y horizontalmente. Las presiones son mayores en la zona de barlovento que en la de sotavento, apareciendo aquí incluso depresiones. Las mayores velocidades se alcanzan en la cumbre y las menores en las zonas más bajas a sotavento.

En Canarias, las lluvias son más frecuentes en las zonas de medianía. Este efecto se produce porque al ascender el viento llega a zonas de menor presión atmosférica con lo que se produce un enfriamiento por expansión y el vapor de agua se condensa (ejemplos son Valleseco, las Mercedes, la Orotava o Valverde).

Las vertientes norte, expuestas al alisio (viento dominante), son más susceptibles de recibir lluvia que las que se encuentran a sotavento.

Mesoclimas de valles y barrancos

Debido a los gradientes de temperatura que se producen en las laderas, el aire tiene movimientos de ascenso (diurno) y descenso (nocturno) en laderas de valles y barrancos. A estos efectos, se añade el movimiento longitudinal en el fondo del mismo debido a los efectos de compresión-descompresión producidos por los desplazamientos laterales (figura 11.11).

Estos movimientos pueden verse incrementados o disminuidos por la posición del valle con respecto a los vientos dominantes. Una situación paralela a los mismos aumentará el efecto de corriente longitudinal en el fondo del mismo, una posición perpendicular disminuirá dicho efecto y dará más protección a las zonas inferiores del valle.

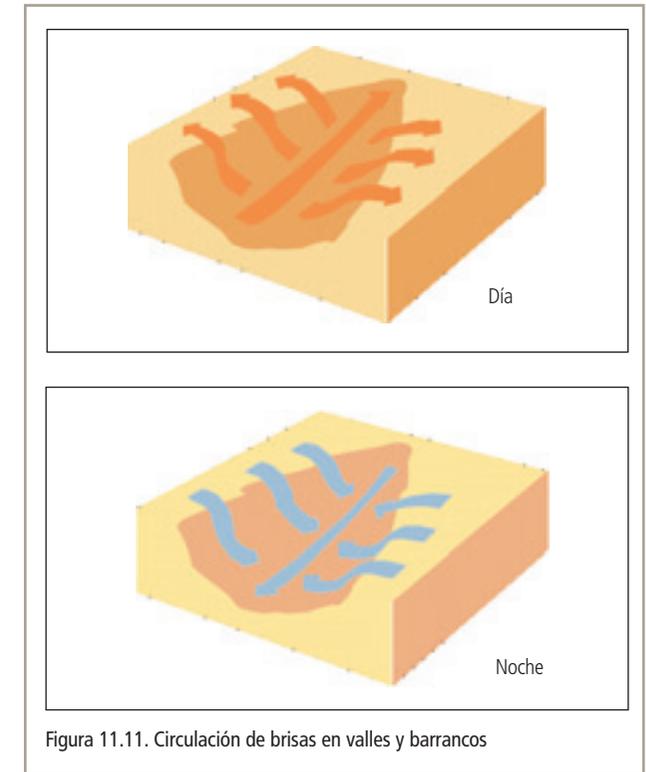
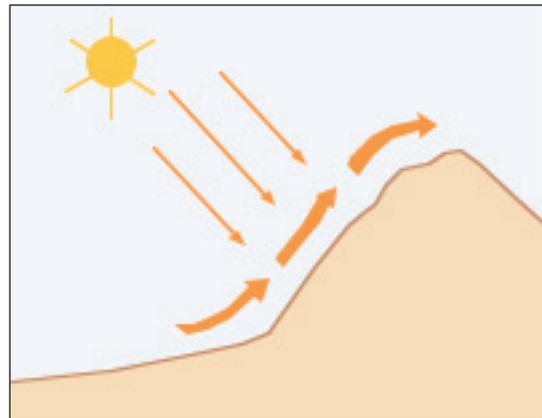
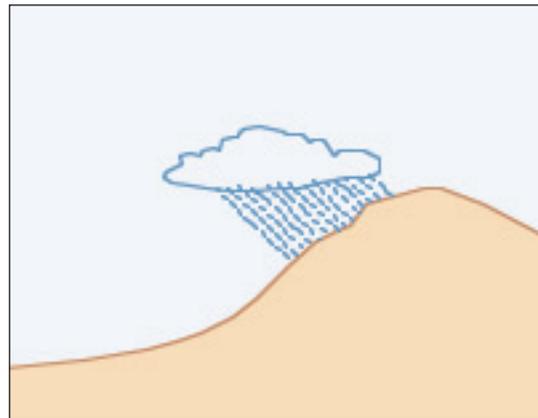


Figura 11.11. Circulación de brisas en valles y barrancos

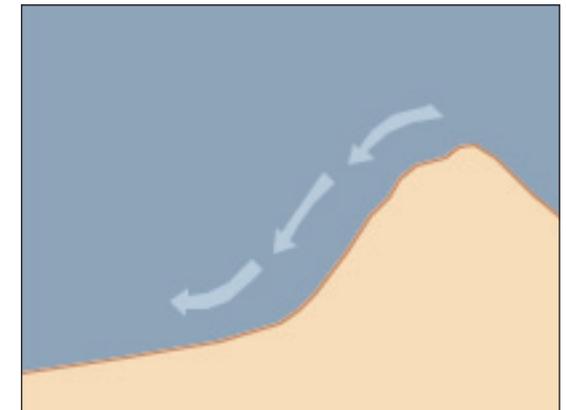
Figura 11.10.



Acción viento y lluvia en montaña. Día



Acción viento y lluvia en montaña. Mayor frecuencia de precipitaciones



Acción viento y lluvia en montaña. Noche

Una particularidad de los movimientos del aire en los valles viene determinada por el embalsamiento nocturno del aire frío en el fondo del mismo, mientras que en la zona alta se concentra la mayor carga de humedad, acumulada durante el día (figura 11.12).

La orientación con respecto al sol confiere al valle características distintas. En los orientados E-O, las laderas solana y umbría tendrán diferente radiación, con temperaturas distintas y corrientes de aire desde la primera a la segunda (figura 11.13).

Por eso en los climas con mayores problemas de calor, los pueblos suelen colocarse en las zonas de umbría, y en los fríos en la solana.

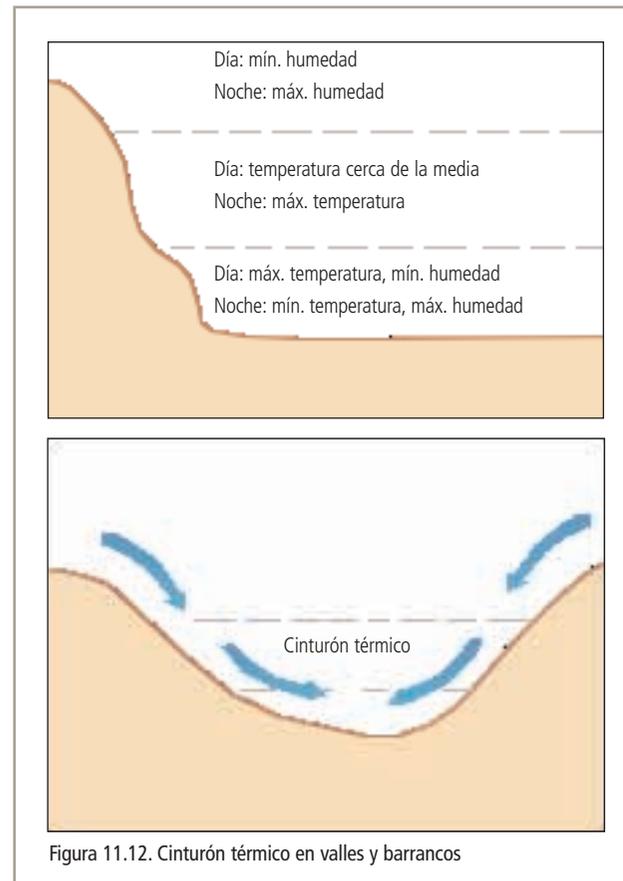


Figura 11.12. Cinturón térmico en valles y barrancos

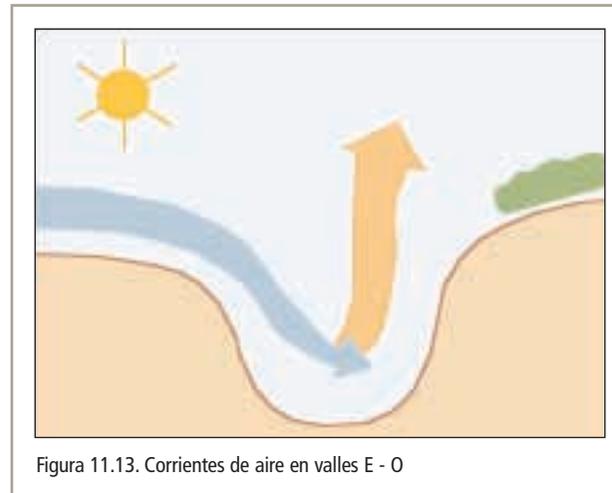


Figura 11.13. Corrientes de aire en valles E - O

Un inconveniente de los fondos de valle, sobre todo de los que tienen cursos de agua, es que facilitan las nieblas diurnas.

Mesoclimas por proximidad al mar

La influencia general del mar en zonas costeras ha quedado señalada anteriormente y, normalmente, su influencia se refleja en los datos de los observatorios próximos. Dentro de una franja relativamente estrecha a lo largo de la costa, el mar tiene un efecto modificador en la variación diaria de temperaturas.

En un tiempo moderadamente soleado, la tierra está más caliente que el mar, lo que hace que exista una brisa marina que fluye desde el mar hacia la tierra. Este efecto es mayor por la tarde y es un rasgo significativo en las áreas costeras. La dirección del viento tiende a hacerse contraria durante la noche. Este efecto es más notorio en las épocas de primavera y verano (figura 11.14).

Existe además un gradiente de temperatura dirigido perpendicularmente hacia el mar, que se extiende a una franja relativamente estrecha. El gradiente varía de sentido al pasar del día a la noche.

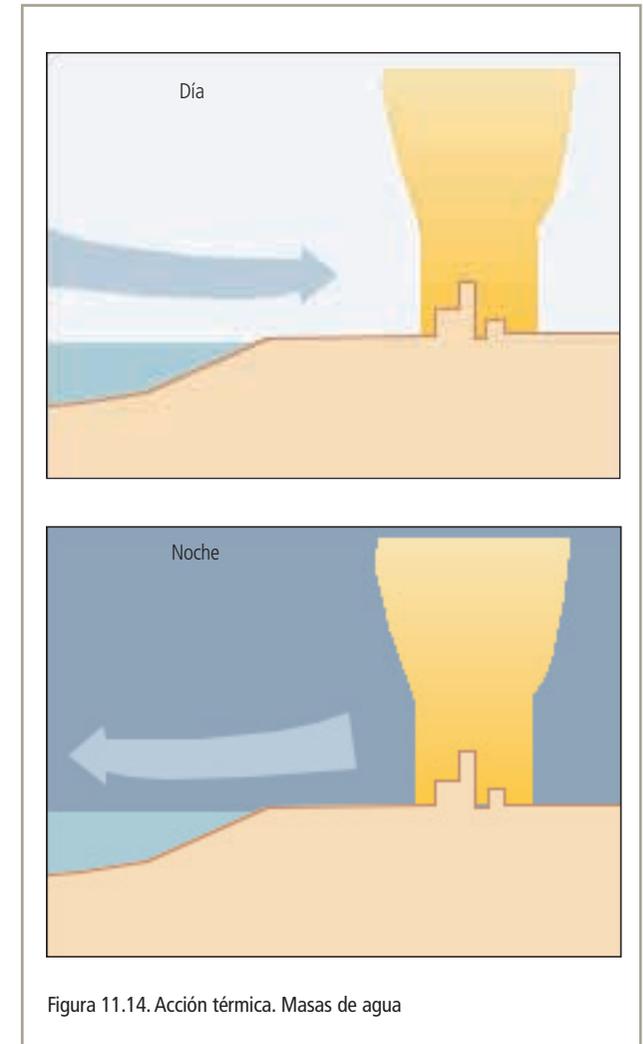


Figura 11.14. Acción térmica. Masas de agua

En estos movimientos es importante también el efecto de refrigeración que se produce por el enfriamiento del aire debido a la evaporación de agua. La masa de aire seco en contacto con una superficie de agua pierde calor por evaporación mientras se satura de vapor de agua. La temperatura final de la mezcla (temperatura de saturación adiabática), con el aire saturado, es inferior a la temperatura inicial.

Mesoclimas de bosques

En un bosque pequeño, como el *Bosque del Cedro* en La Gomera, el *Monte de las Mercedes* en Tenerife o *La Caldera de los Pinos de Gáldar* en Gran Canaria, las características climáticas sufren las siguientes modificaciones (figura 11.15):

- El bosque tiende a formar su propio sistema de circulación de aire, desempeñando el papel de islote frío, que obliga a las corrientes de aire a desviarse y a sobrevolarlo.

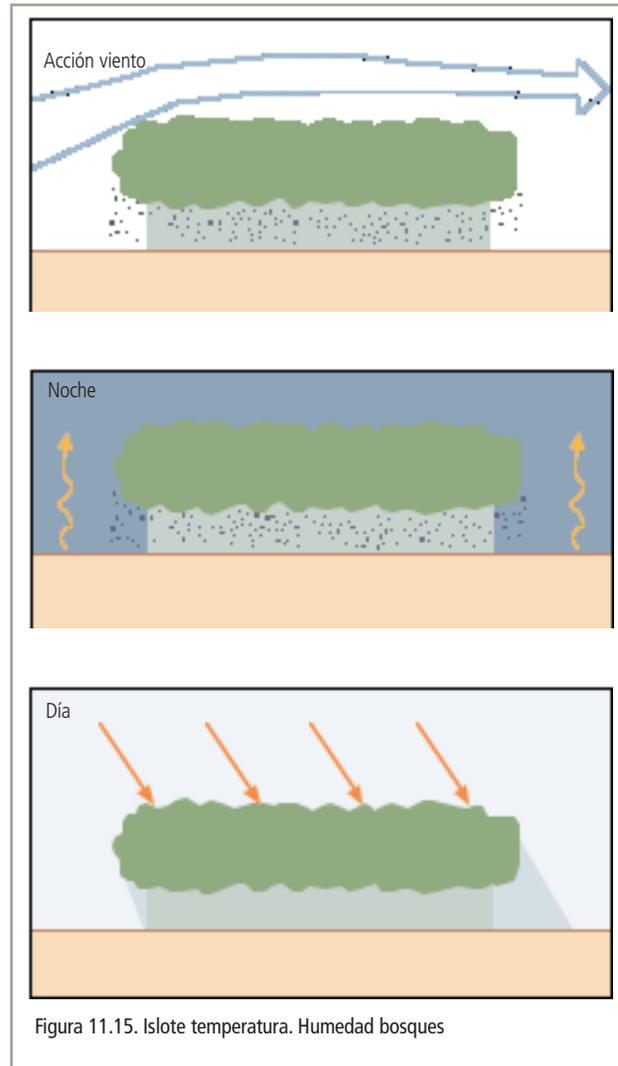


Figura 11.15. Islote temperatura. Humedad bosques

- En su interior, la humedad relativa es grande, debido a la transpiración continua y a la dificultad de transporte hacia el exterior.
- Se crea, de día, un segundo suelo efectivo, formado por la unión de las copas de los árboles en contacto.
- Entre los dos suelos disminuye la temperatura media diaria y la oscilación diaria.

Es decir, el bosque posee un clima más templado y húmedo que el que existe en el área que le rodea, y también se produce una modificación de la luz que penetra en él.

Los bosques de coníferas, como el pino canario, obstruyen fuertemente la luz solar, pero no la modifican cualitativamente. Los de plantas termófilas, laurisilva y plataneras, además de debilitarla, realizan una gran absorción selectiva.

Mesoclimas en núcleos urbanos

El clima de las ciudades constituye un ejemplo de mesoclima artificial. El clima urbano está modificado fundamentalmente en características como la temperatura, la velocidad del viento, la contaminación del aire y la visibilidad.

Los grandes núcleos urbanos crean verdaderos mesoclimas independientes de su entorno. Los factores más importantes a tener en cuenta son los siguientes:

- La rugosidad del conjunto, que disminuye la convección natural del suelo.
- La disminución del albedo medio de las superficies, que conduce a fuertes calentamientos bajo el sol.
- El calentamiento de los pavimentos urbanos, muy marcado en el caso de estas islas por la verticalidad de la incidencia de los rayos solares en las horas centrales del día.
- La emisión de contaminantes, que aumentan la concentración de partículas sólidas en suspensión y modifican la transparencia de la atmósfera produciendo efecto invernadero.
- Las emisiones de calor debidas a la circulación de vehículos y a los sistemas de climatización.
- La reducción del porcentaje de cubierta vegetal y la impermeabilización de los suelos que alteran los procesos hídricos, modifican su balance y privan a la ciudad de un factor natural de enfriamiento por consumo de calor latente.

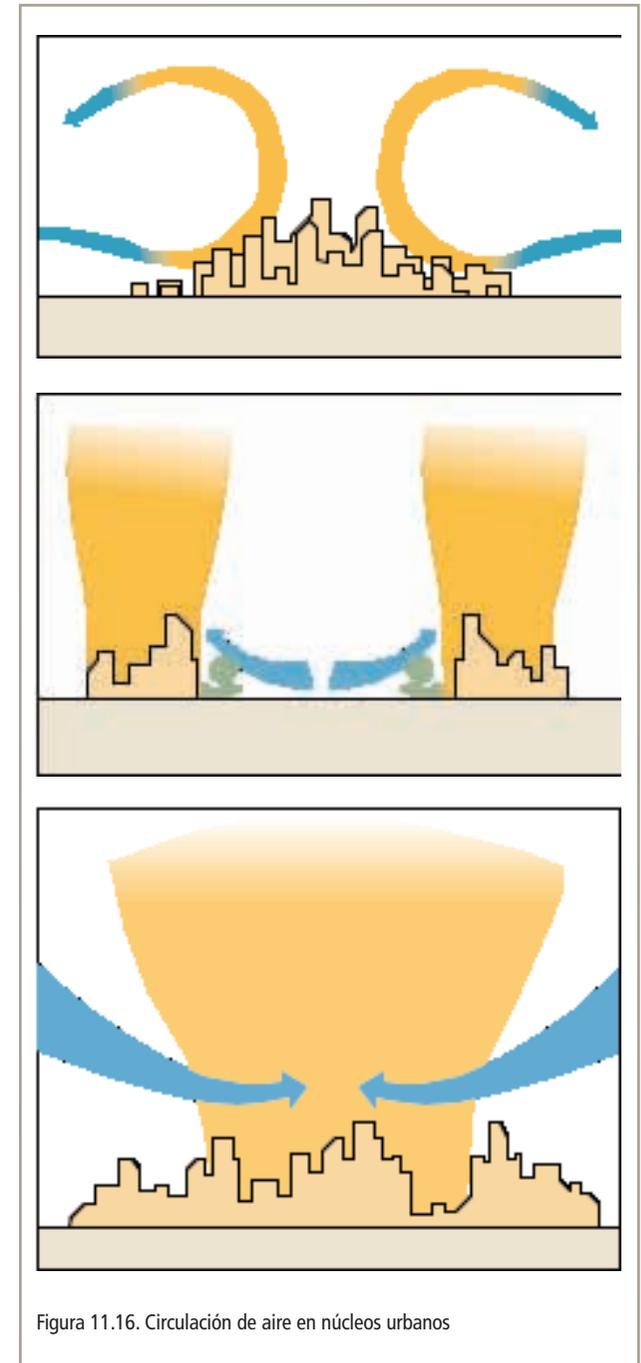


Figura 11.16. Circulación de aire en núcleos urbanos

La complejidad en la determinación de la dirección y velocidad del viento y por tanto, de los flujos y corrientes de aire en el interior de la ciudad. Esta característica es consecuencia de las turbulencias que se generan en el interior de las urbes a causa de los múltiples fenómenos físicos debidos a las formas y disposiciones relativas de los edificios, que actúan como sistema de barreras.

En general, todos estos factores contribuyen a elevar de forma sensible la temperatura media y a disminuir la oscilación diaria de temperaturas máxima y mínima en las grandes aglomeraciones en todas las estaciones, lo cual puede conducir a situaciones insoportables en los meses de verano.

Movimientos de aire particulares son los que se crean en los núcleos urbanos (figura 11.16). A la producción artificial de calor generada por la actividad humana se une la inercia térmica de los materiales de construcción. La diferencia de temperaturas con el entorno produce desplazamiento de aire hacia el interior de los núcleos urbanos desde las periferias en un movimiento de circulación por convección.

Este mismo fenómeno ocurre en menor escala también en el interior de las ciudades, entre los espacios urbanizados y los parques o zonas verdes, por lo que dependiendo de la extensión y distribución de éstas puede haber en la propia ciudad microclimas distintos bastante diferenciados entre ellos.

Condicionantes particulares de todos estos desplazamientos de masas de aire son tanto el tipo de superficie sobre el que se produce el rozamiento, como la cantidad y naturaleza de los obstáculos (efecto barrera) que se encuentran a su paso (figura 11.17).

En las ciudades, la polución producida por agentes contaminantes como escapes automovilísticos, combustiones en la industria y sistemas de climatización convencionales, aumenta la turbiedad del aire, de modo que disminuye la radiación directa, si bien aumenta la indirecta, como puede apreciarse en los días nublados.

De la unión entre los problemas derivados de la polución atmosférica y de la acumulación de partículas en suspensión en la época estival, se deduce que las peores condiciones de limpieza de aire se pueden producir en las ciudades y en los meses de verano.

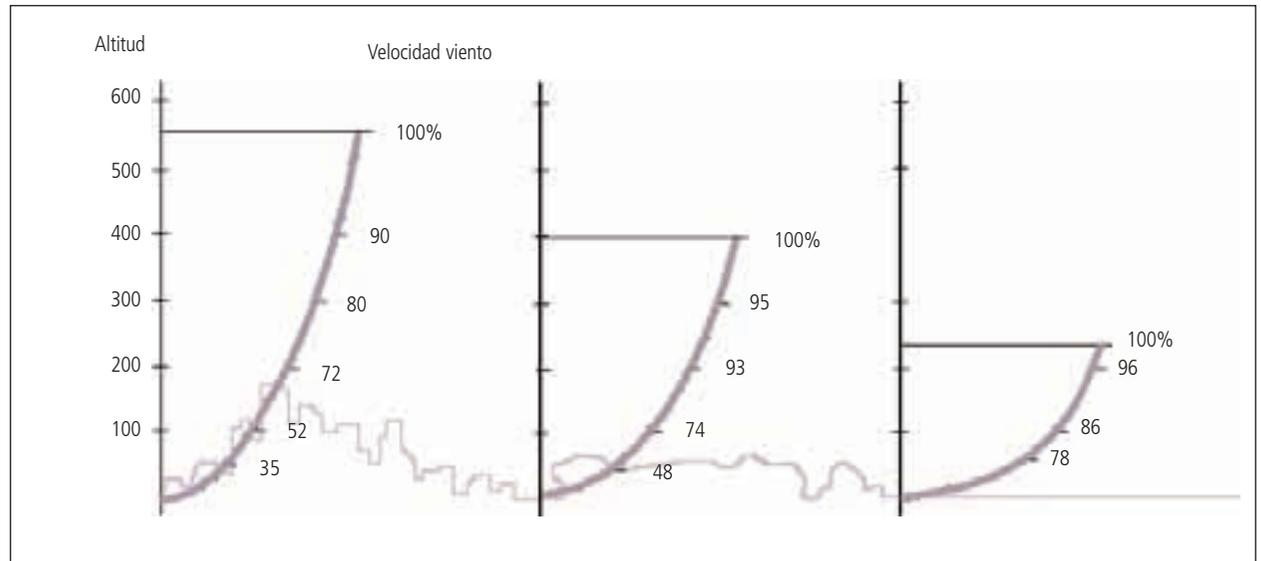


Figura 11.17. Influencia de la textura de las superficies en la distribución de los vientos

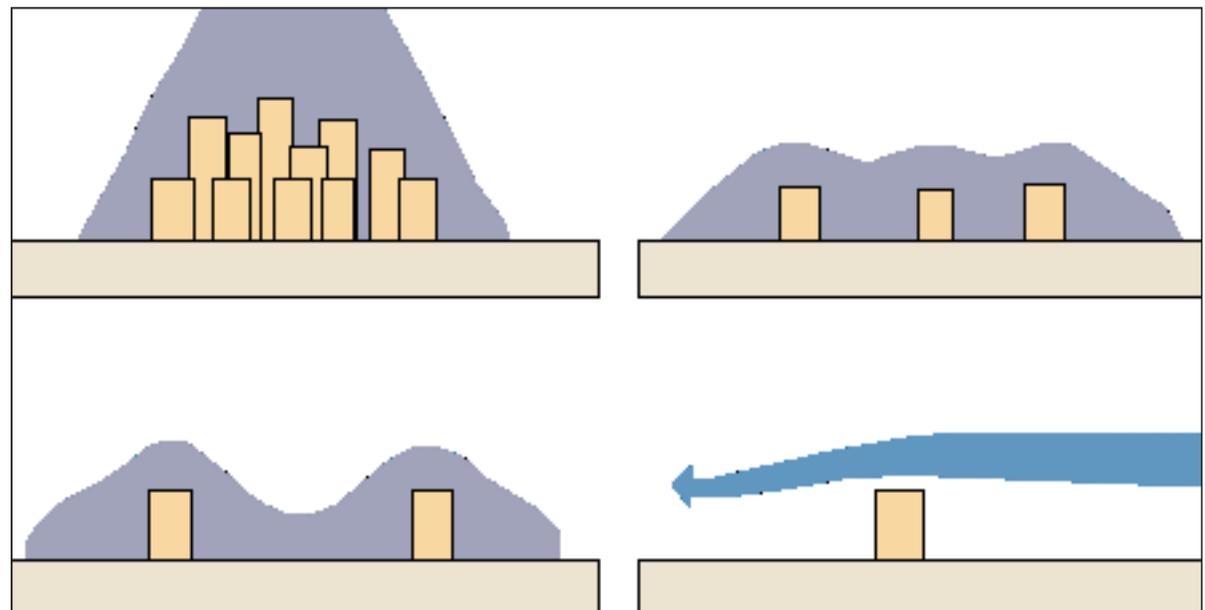


Figura 11.18. Influencia de la densidad de la edificación en las condiciones ambientales

Elemento	Comparación con medios rurales
CONTAMINANTES	
Núcleos de condensación y partículas	10 veces más
Gases	5 a 25 veces más
NUBOSIDAD	
Cubierta	5 a 10% más
Niebla (invierno)	100% más
Niebla (verano)	30% más
PRECIPITACIÓN	
Total	5 a 10% más
Días con menos de 5 mm	10% más
HUMEDAD RELATIVA	
Invierno	2% menos
Verano	8% menos
RADIACIÓN	
Global	15 a 20% menos
Ultravioleta (Invierno)	30% menos
Ultravioleta (Verano)	5% menos
Horas de sol	5 a 15% menos
TEMPERATURA	
Media anual	0,5 a 1°C más
Mínima invernal (media)	1° a 2°C más
VELOCIDAD DEL VIENTO	
Media anual	20 a 30% menos
Ráfagas extremas	10 a 20% menos
Calmas	5 a 20% más

Tabla 11.3. Promedio de cambios en la comparativa urbanización-medios rurales (Landsberg, 1970).

La suciedad del aire, aparte de las medidas que se deban de adoptar para la disminución de la polución producida por el hombre, puede ser reducida por la presencia de vegetación. Las partículas en suspensión quedan atrapadas en su follaje hasta que su acumulación las hace caer al suelo por su propio peso. Por ello es importante la creación y conservación de espacios verdes en el interior de los núcleos urbanos. El aire en el centro de un espacio verde urbano con plantación de árboles es más puro que el aire cerca del perímetro.

Estas influencias son mayores cuanto mayor es la densidad y amplitud de la urbe. La estabilidad térmica del conjunto va aumentando con la concentración urbana, mientras que la ventilación, la iluminación y la posibilidad de intercambios energéticos disminuyen. En el caso de concentraciones urbanas de un cierto tamaño, se crean mesoclimas específicos dentro de la zona cuyas condiciones son bastante distintas de las de los campos circundantes, de los que se habla más adelante (figura 11.18).

En la tabla 11.3 se presentan los promedios de los cambios que la urbanización impone en las distintas características del clima respecto de las áreas rurales próximas (Landsberg 1970).

CONDICIONES DEL ENTORNO INMEDIATO. MICROCLIMAS

En las actuaciones arquitectónicas puntuales, será necesario descender hasta el nivel de microclima del entorno más inmediato para poder adaptar las condiciones del medio a las de confort humano. Una cuestión importante es que, en muchos casos, las condiciones de ese microclima pueden ser variadas por el proyectista creando espacios de cualidades intermedias, espacios de transición, que atemperan las condiciones mesoclimáticas del lugar, creando microclimas propios.

Del mismo modo que en el estudio mesoclimático las variables geográficas modificaban el clima local, aquí, la fisonomía del entorno inmediato establece una nueva variación.

Del mismo modo que en el estudio mesoclimático las variables geográficas modificaban el clima local, aquí, la fisonomía del entorno inmediato establece una nueva variación.



CONDICIONES TOPOGRÁFICAS Y TIPO DE SUELO

Hay tres elementos importantes en el estudio de las condiciones topográficas del lugar: la topografía propia, la posición relativa del punto de actuación con respecto a las colindantes y las obstrucciones materiales debidas a las formas del terreno (figura 11.19).

Pendiente

Del mismo modo que se vio en el apartado del entorno, la pendiente, en su valor y orientación, influyen directamente en la cantidad de radiación que puede recibir.

La pendiente interviene en otros factores no bioclimáticos pero sí muy importantes, como son la estabilidad (dependiente también del tipo de suelo) y la accesibilidad. La orientación de la pendiente será también importante en cuanto a la ventilación,

según se encuentre a barlovento o sotavento de los vientos principales en el lugar.

Posición relativa

La posición relativa con respecto a las formas adyacentes le dará su condición de protegida o expuesta con respecto a los agentes atmosféricos. Normalmente se puede decir que cuanto más expuesta esté una edificación, tendrá oscilaciones térmicas

más acentuadas, temperaturas ligeramente más frías y mayores posibilidades de ventilación e iluminación.

Obstrucciones

Las magnitudes relativas de determinados accidentes geográficos muy próximos y en las orientaciones precisas, pueden suponer obstáculos para la radiación y/o la ventilación. Lógicamente habrá que hacer el estudio pormenorizado de las

obstrucciones solares contando con las trayectorias diaria y estacional del sol para conocer en cada una de ellas cuál es el número de horas de soleamiento con que cuenta el punto.

Agua

La proximidad al agua es un factor de enorme importancia. Como siempre ocurre, su presencia modifica las condiciones de humedad del aire y por medio de procesos de evaporación absorbe calor enfriando el ambiente.

Por otra parte, el alto valor del calor específico del agua la convierte en un elemento estabilizador de la temperatura disminuyendo la oscilación de la misma.

La presencia de agua superficial es siempre definitiva para el binomio temperatura-humedad del que básicamente depende el bienestar humano.

Tipo de terreno

El tipo de terreno de los alrededores del proyecto arquitectónico y su respuesta energética tienen influencia en las posibilidades de obtención de confort dentro del espacio arquitectónico proyectado.

Dependiendo de su relación con el edificio puede afectar en mayor o menor grado a la inercia térmica del mismo, y con ello, a la respuesta interior a las oscilaciones y valores de la temperatura exterior.

Afecta por un lado a la reflexión de los rayos solares (albedo) y, por tanto, a la radiación incidente sobre el edificio; por otro su capacidad de recoger agua y devolverla lentamente influye en la humedad ambiental, y de un modo indirecto, influye en el tipo de vegetación que se encuentra o puede ser plantada en las proximidades, pues las distintas cualidades termofísicas, especialmente la capacidad calorífica y el porcentaje de reflexión de los rayos solares (albedo) de unos y otros, intervendrán en la distribución de las temperaturas superficiales y por tanto en los movimientos locales de aire.

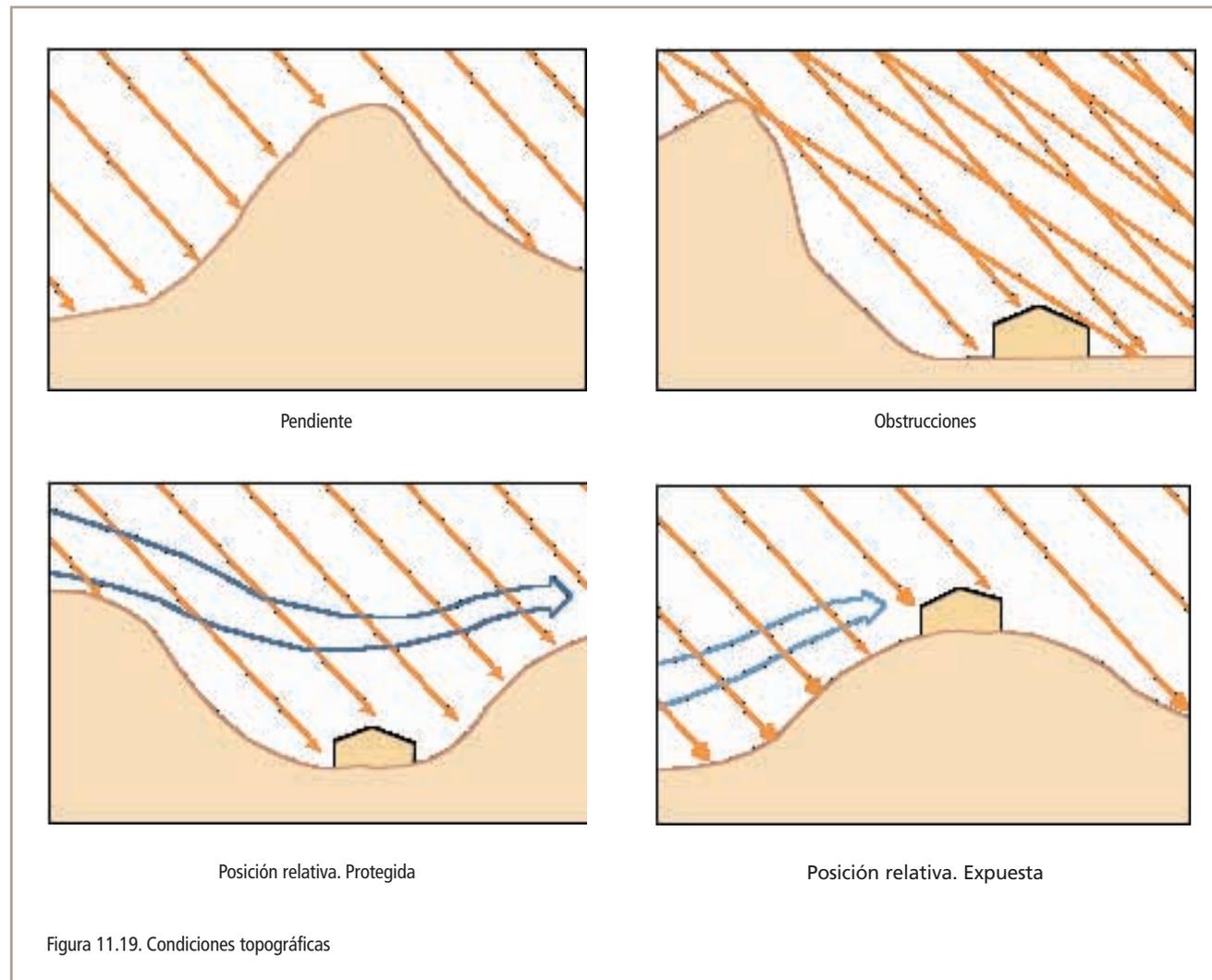


Figura 11.19. Condiciones topográficas

TIPO DE CUBIERTA. ALBEDO

Como ya se comentaba al hablar de mesoclima, los niveles de albedo según el tipo de suelo son los indicados en la tabla 11.4.

TIPO DE CUBIERTA	ALBEDO
Nieve (a partir de los 2000 m)	20% - 70%
Dunas (en playas)	30% - 60%
Suelo arenoso, erosionado y jable	15% - 40%
Praderas	12% - 30%
Áreas urbanas (alta densidad de construcción)	15% - 25%
Bosque de coníferas (verano)	13%
Bosque caducifolio (verano)	18%
Suelos de cultivo	7% - 10%
Superficies de agua	3% - 10%

Tabla 11.4. Niveles de albedo (Geiger, 1965) según el tipo de cubierta de la superficie del terreno. Los valores se expresan en tanto por ciento de radiación solar reflejada.

Hormigón, ladrillos, grava, empedrados y otros materiales con una alta inercia térmica, cuando se encuentran colocados sobre un substrato de terreno, son todos ellos ejemplo de cubierta seca. La subida de temperatura de esas superficies depende de su color. El calor es almacenado durante el día y re-emitado por la noche. Esta emisión de calor radiante puede ser muy notoria en condiciones de calma que a menudo ocurren en verano, generalmente durante el mes de Septiembre.

Vegetación

Como ya se ha dicho, la vegetación es un elemento que interviene en los factores climáticos a todas las escalas.

Dependiendo del tipo de vegetación, densidad y disposición con respecto a las direcciones de los vientos, puede formar pantallas de diferente permeabilidad.

La evapo-transpiración de las plantas, especialmente de las frondosas, aumenta la humedad relativa del aire y disminuye la temperatura.

Su efecto a pequeña escala puede crear diferencias de temperaturas entre dos zonas próximas, creando ligeras corrientes de aire que tenderán a equilibrarla.

El edificio, cuando está rodeado de vegetación, es más estable energéticamente y, en general, algo más frío y húmedo y más protegido del viento.

Construcciones

Cuando el proyecto a realizar se encuentre en un entorno urbano de una cierta densidad, además de las consideraciones señaladas en el apartado de mesoclima urbano, habrá que tener en cuenta las condiciones próximas.

Del mismo modo que en el estudio a nivel de clima se ve que interviene la posición relativa de la edificación respecto a los accidentes geográficos, dentro de la ciudad la posición y altura relativa con respecto a los edificios colindantes podrá favorecer o disminuir las posibilidades de aporte energético y ventilación. En casos de mayor altura relativa del edificio, se favorecerán los citados efectos.

La densidad de la zona interviene en los intercambios energéticos entre la edificación y el ambiente, de modo que a mayor densidad disminuyen las posibilidades de intercambio. La temperatura será normalmente más estable, disminuyendo la oscilación de la misma y dificultando la ventilación.

La dirección de la trama es otro factor a tener en cuenta, pues interviene en las posibilidades de radiación y ventilación del edificio considerado.

Las alineaciones de dirección coincidente con los vientos dominantes producirán mayor exposición del edificio al viento, bajarán las temperaturas en invierno y disminuirán el grado de humedad.

Las alineaciones N-S dan fachadas a Este y Oeste. Proporcionan mayor insolación en verano y menor en invierno, con lo que las temperaturas en verano serán más altas y las de invierno más bajas, y darán mayor variabilidad de las mismas.

Las construcciones próximas pueden hacer el efecto de pantalla tanto a la radiación solar como al viento. Como influencia general, el edificio de proyecto tendrá un menor aporte energético externo, menor luminosidad y disminuirá a su vez las posibilidades de ventilación.

En el clima canario el plano de las cubiertas es fundamental, ya que el soleamiento es muy vertical durante las horas centrales del día.

La continuidad de la trama es otro aspecto a tener en cuenta. El viento tendrá menor turbulencia y una mejor canalización, con lo que las edificaciones tendrán una mayor posibilidad de aprovecharlo.

Aspecto de la mayor importancia es la sección de la calle en la que se encuentra el proyecto, pues a mayor proporción altura/anchura van disminuyendo las posibilidades de intercambio energético, tanto de captación solar como de iluminación, y disminuyen las posibilidades de ventilación. El edificio tendrá menor temperatura interior, mayor humedad y peor ventilación.

Otras condiciones

Conseguir buenas vistas, evitar la contaminación acústica, aprovechar las lluvias, minimizar los residuos, facilitar la relación en el entorno sociológico o adecuarse a los equipamientos existentes o sostenibles son otros criterios de confortabilidad en la edificación.

ANÁLISIS CLIMÁTICO: RESUMEN

CLIMA REGIONAL

Datos climáticos generales

1. Datos de los observatorios próximos. Clima general.
Los valores climáticos de la zona y los regímenes de temperatura, humedad, viento, precipitaciones y radiación son los valores básicos de los que partir para el conocimiento de los condiciones del lugar desde el punto de vista bioclimático.

2. Latitud
Influye directamente en la radiación, tanto en la radiación solar directa, como en la radiación global.
3. Altitud
Influye directamente en la radiación, tanto en la radiación solar directa como en la global.

Correcciones a los datos generales

Los valores climáticos de la zona en general se obtienen de los datos de observatorio, matizándolos según las características geográficas de la zona.

1. Forma general del territorio
Influye en la distribución, dentro de una zona, de los valores climáticos. En particular regula la distribución de temperaturas, la distribución de lluvia, la humedad, la frecuencia, dirección e intensidad de los vientos.
2. Grado de Continentalidad
Modifica las condiciones de temperatura, tanto de temperaturas medias como de oscilación diaria y anual de las mismas. Varía las condiciones de humedad. Puede crear regímenes de vientos propios.

CONDICIONES DE LA ZONA. MESOCLIMAS

Las condiciones del entorno de la zona de trabajo modifican los valores de las variables climáticas. En particular:

Factores determinantes

1. Forma y tipo del Territorio
Su influencia es tal que puede llegar a crear mesoclimas dentro de una zona climática general, como ocurre en los valles. En general, influye en la distribución de las temperaturas dentro de la zona, modifica el régimen de vientos en dirección e intensidad, pudiendo en algunos casos crear corrientes propias. La pendiente general, en valor y orientación, condiciona la cantidad de radiación de la zona específica, en la dirección y velocidad del viento y para ambos parámetros señala sombras debidas a las obstrucciones.

El tipo de material del suelo interviene por el albedo en la temperatura sol-aire de la zona.

2. Agua
Las aguas superficiales modifican las temperaturas medias de su área de influencia, disminuyen la oscilación diaria y anual de temperaturas e incrementan la humedad en el área.
Las aguas profundas es conveniente tenerlas en cuenta, tanto por las condiciones de capacidad de absorción de ciertos usos, como por los riesgos de contaminación a que pueda llevar un mal proyecto de desarrollo de las actividades.
3. Vegetación
Interviene en la modificación de la temperatura de la zona, tanto por efectos de sombra y absorción de los rayos solares como por enfriamiento adiabático, corrigiendo las temperaturas medias y la oscilación máxima-mínima.
La humedad de la zona queda modificada por el fenómeno de la evapotranspiración, además de por la fijación de humedad que producen las plantas en sí mismas.
Dependiendo del tipo de cubierta vegetal, los vientos se modifican en cuanto a su intensidad y, en función de la densidad y altura, pueden convertirse en obstáculos que en determinadas zonas cambian además su dirección.
4. Obstrucciones por turbiedad del aire

Mesoclimas específicos creados por condiciones geográficas especiales

1. Mesoclimas de montaña.
2. Mesoclimas de valles y barrancos.
3. Mesoclimas por proximidad al mar.
4. Mesoclimas de bosques.
5. Mesoclimas en núcleos urbanos.

CONDICIONES DEL ENTORNO INMEDIATO. MICROCLIMAS

A nivel de entorno inmediato las características generales del terreno influyen en la creación del microclima en el que se va a enclavar la actuación arquitectónica.

Condiciones topográficas

La topografía en general, y particularmente la pendiente en valor y orientación, influirán en la cantidad de radiación y viento.

La pendiente influirá también en la estabilidad de las construcciones y en la accesibilidad a las mismas.

La altura relativa con respecto a los accidentes más próximos interviene en la exposición a los agentes atmosféricos.

Los accidentes del terreno próximos a la edificación pueden formar también obstrucciones, sea a la radiación, al viento o a ambos.

Agua

Las aguas superficiales modifican las temperaturas (medias y oscilación), el grado de humedad y pueden establecer brisas.

Con respecto a las aguas profundas hay que tener en cuenta los riesgos de contaminación.

Tipo de terreno

Afecta por un lado a la reflexión de los rayos solares (albedo) y por otro, su capacidad de recoger agua y devolverla lentamente influye en la humedad ambiental, y de un modo indirecto, influye en el tipo de vegetación que se encuentra.

Vegetación

Modifica la humedad y puede actuar sobre la cantidad de radiación y el régimen de vientos por formación de pantallas. Dichas pantallas pueden ser fijas o estacionales.

Construcciones

Las construcciones aisladas próximas pueden formar pantallas fijas a la radiación y al viento.

Dentro de los núcleos urbanos, la densidad, altura relativa, dirección de la trama, continuidad de la trama y la sección de las calles influyen en la estabilidad térmica, las posibilidades de iluminación y ventilación.

12. EL SER HUMANO Y EL CONFORT

M. de Luxán García de Diego, A. Reymundo Izard

DIAGRAMAS BIOCLIMÁTICOS

El mantenimiento del equilibrio térmico entre el cuerpo humano y su entorno es una de las necesidades primordiales para mantener la salud y el bienestar.

Debido al proceso metabólico, el cuerpo produce trabajo y calor. Esta producción interna de calor debe equilibrar las pérdidas y ganancias de calor ambiente, puesto que la temperatura interna debe mantenerse invariable. Cuando no se consigue este equilibrio, la temperatura de las partes internas del cuerpo sube o baja según la pérdida de calor sea menor o mayor que la producción de calor, hasta que se consigue la estabilización en un nuevo nivel o, si no se consigue, hasta que el cuerpo sufre un colapso.

Los cambios de calor se producen por convección y por radiación con el aire ambiente y las superficies que le rodean, respectivamente. Además, se puede perder calor por evaporación del sudor y el agua de los pulmones.

Para el estudio de esta relación hombre-clima tan importante para la vida humana se han hecho numerosos estudios analizando las variables que intervienen y cómo intervienen.

Llegar a conclusiones en estas investigaciones es difícil, ya que son muchos los factores que influyen en los intercambios de calor entre el cuerpo humano y su medio, y todos ellos actúan de un modo simultáneo.

Es necesario pues, evaluar el efecto combinado de los factores ambientales sobre las respuestas fisiológicas y sensoriales del cuerpo y expresar cualquier combinación de ellos en forma simple a través de lo que se ha dado en llamar Índice Térmico.

Un notable esfuerzo para establecer las relaciones entre las distintas variables térmicas y el confort humano son los llamados

Diagramas Bioclimáticos, que usan un sistema de representación gráfica de estas relaciones.

Básicamente se trata de diagramas psicrométricos que relacionan temperatura y humedad, y sobre los que se establecen las condiciones de confort en función de los índices térmicos.

Los más usados son el de Olgay y el de Givoni, el primero de los cuales cuantifica las correcciones de los parámetros bioclimáticos para la obtención del confort, y el segundo, cuenta con las modificaciones que en el clima puede producir la arquitectura y señala las cualidades que deben tener las edificaciones para conseguir la sensación de confort dentro de los mismos.

CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY

El Climograma o Carta Bioclimática de Olgay es un diagrama en el que en el eje de abscisas se representa la humedad relativa y en el de ordenadas la temperatura como condiciones básicas que afectan a la temperatura sensible del cuerpo humano. Dentro de él se señala la zona que contiene los sistemas de valores temperatura-humedad en las que el cuerpo humano requiere el mínimo gasto de energía para ajustarse al medio ambiente, llamada "zona de confort" (figura 12.1).

La zona de confort señalada en el diagrama es aquella en la que, a la sombra, con ropa ligera y con baja actividad muscular, se tiene sensación térmica agradable.

La carta aquí presentada está adaptada a las condiciones canarias, válida en regiones templadas (latitud 28°, altitud media 300 m), en condiciones de exterior.

La zona de confort se ha adecuado a la adaptación y costumbre de los canarios al clima y al modo generalizado de vida y vestido.

En esta carta se representa el clima anual de una zona conociendo las condiciones de temperatura y humedad. Aunque suelen utilizarse las condiciones medias de temperatura y humedad mensuales, se obtiene una mejor imagen si se utilizan, como se ha hecho en este libro, las temperaturas y humedades medias de las máximas y mínimas de cada mes, pues señalan las oscilaciones diarias, con lo que se puede apreciar las necesidades horarias, a veces muy distintas.

Una vez representado el clima se pueden observar en él las condiciones medias de humedad y temperatura que se dan en cada momento y su desviación con respecto a la zona de bienestar.

Los puntos temperatura-humedad que están por debajo de la zona de confort (momentos infracalentados), pueden ser restituidos al confort por medio de la radiación, bien la solar directa o indirecta o de cualquier otro tipo.

El límite inferior de la zona de confort, 21,5 °C, establece una separación por encima de la cual es necesaria la utilización de la protección solar y por debajo de la cual se necesita radiación. A partir de este límite y hacia arriba la zona de bienestar asciende con el movimiento del aire y desciende por radiación solar.

El límite superior de la zona de confort, se ha fijado en 28°C con humedades relativas medias de hasta un 50%, disminuyendo gradualmente cuando la humedad aumenta.

Los puntos del diagrama que están por encima de la zona de confort, corresponden a las condiciones climáticas en las que hay un exceso de calor (momentos sobrecalentados). Para restablecer las condiciones de confort se podrán adoptar medidas correctoras como la creación de protecciones solares, el aprovechamiento del viento si lo hay, o la creación, mediante un diseño

adecuado, de corrientes de aire. Si las humedades relativas son bajas, se puede corregir con aumento de vapor de agua y aprovechar también el efecto refrigerante de la evaporación.

El factor ropa contribuye a ampliar la zona de confort admisible. La escala de medida del factor de corrección del vestido más admitida es el CLO. Ésta es una medida arbitraria de aislamiento por vestido. La escala va desde cero, cuando no hay ropa, hasta cuatro, que representa la gruesa indumentaria polar, pasando por la unidad que corresponde a traje y ropa interior normales. La unidad se define científicamente como la resistencia que encuentra el calor para transmitirse desde la piel hasta la superficie exterior de la ropa (tabla 12.1). En Canarias los valores oscilarían entre el 0 y el 1,5.

La carta de Olgay está diseñada para condiciones de exterior y no tiene en cuenta el edificio y las variaciones que éste produce en las condiciones temperatura - humedad interiores.

Sin embargo, dado que cuantifica las necesidades para la obtención del bienestar, puede utilizarse, como indicador de las condiciones que se deben crear en el interior de las edificaciones.

Factor ropa	Tipo de vestido
0	Desnudo
0,5	Ropa ligera de verano
1,0	Traje normal con chaleco
1,5	Ropa de abrigo medio
2,0	Ropa de abrigo grueso

Tabla 12.1. Escala CLO

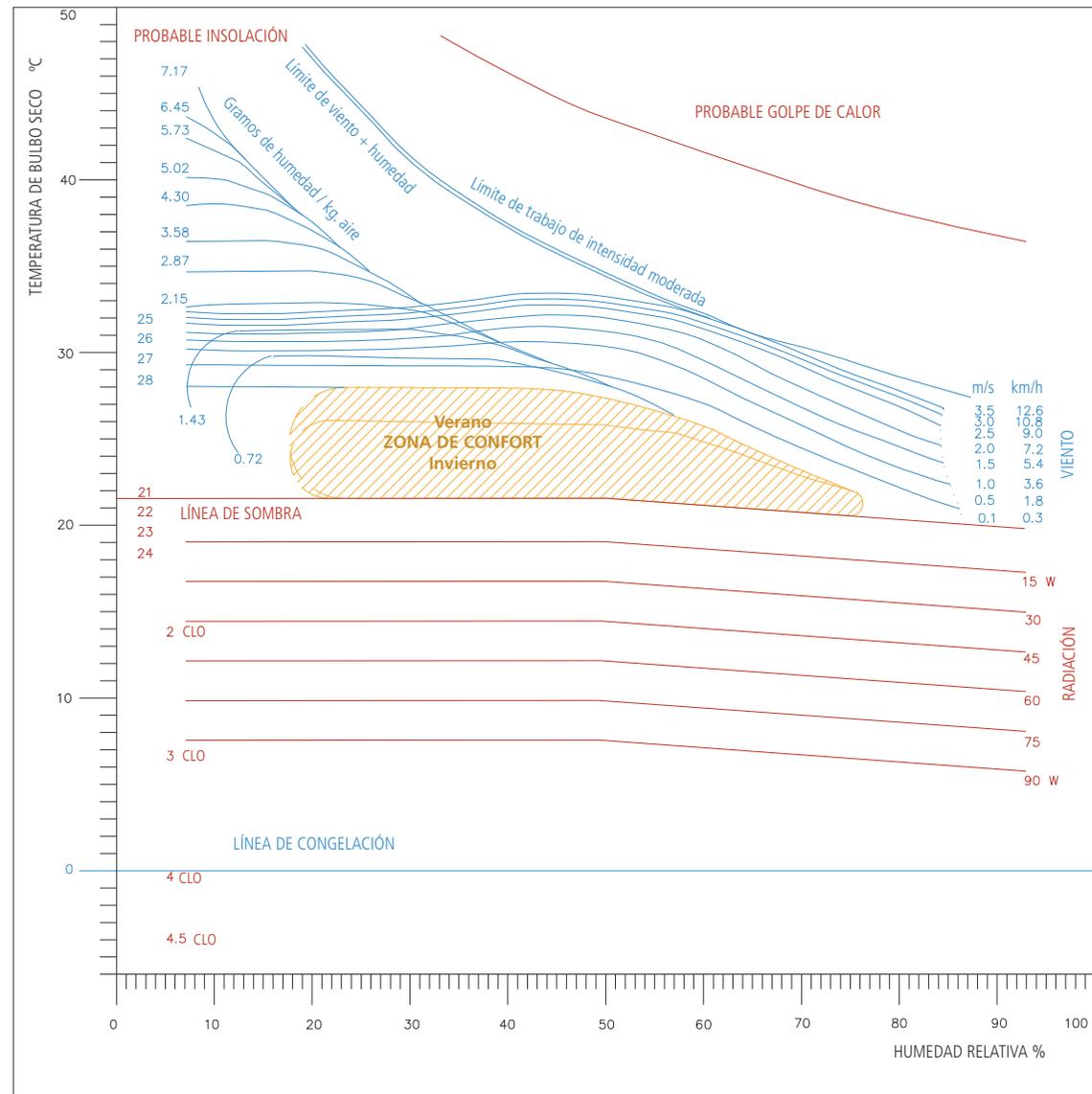


Figura 12.1. Carta bioclimática de Olgay (28° latitud Norte)

CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI

La Carta Bioclimática de Givoni se basa en el Índice de Tensión Térmica (ITS) para delimitar la zona de bienestar, y su aplicación es muy adecuada en climas cálidos de las regiones áridas.

Este método tiene en cuenta las características de la construcción como modificadoras de las condiciones del clima exterior, y en sus recomendaciones habla del bienestar en el interior de las edificaciones.

Givoni propone una carta bioclimática en la que en el eje de abscisas se representan las temperaturas de bulbo seco (la que normalmente dan los observatorios) y las ordenadas representan la tensión parcial de vapor de agua contenido en el aire, y las líneas curvas, psicrométricas, representan la humedad relativa. Sobre la línea de máxima humedad 100% se representa la temperatura de bulbo húmedo (figura 12.2).

La representación del clima anual se ha realizado con las condiciones medias de las máximas y mínimas de cada mes, con lo que además de los valores medios queda plasmada la oscilación diaria de los parámetros temperatura-humedad, dato muy importante para el diseño de las cualidades termofísicas del edificio.

Se delimitan varias zonas cuyas características de temperatura y humedad indican la conveniencia de utilizar unas determinadas estrategias de diseño en la edificación. En aquellas zonas en las que se superponen distintas estrategias, se puede usar una, otra o la acción combinada del conjunto de las recomendadas. Hay que tener en cuenta también que el cumplimiento de las condiciones consideradas como insuficientes, favorecen y abaratan el uso de las necesarias. Así, si se necesita calefacción, un buen comportamiento pasivo disminuirá la cantidad de energía que se gaste en ella; o si se necesita refrigeración, el buen diseño pasivo minimizará la instalación.

PARÁMETROS BIOCLIMÁTICOS

Una vez analizadas las condiciones del entorno que modifican los valores de las variables climáticas en cada una de las escalas (general, de entorno y de entorno próximo), y visto en los

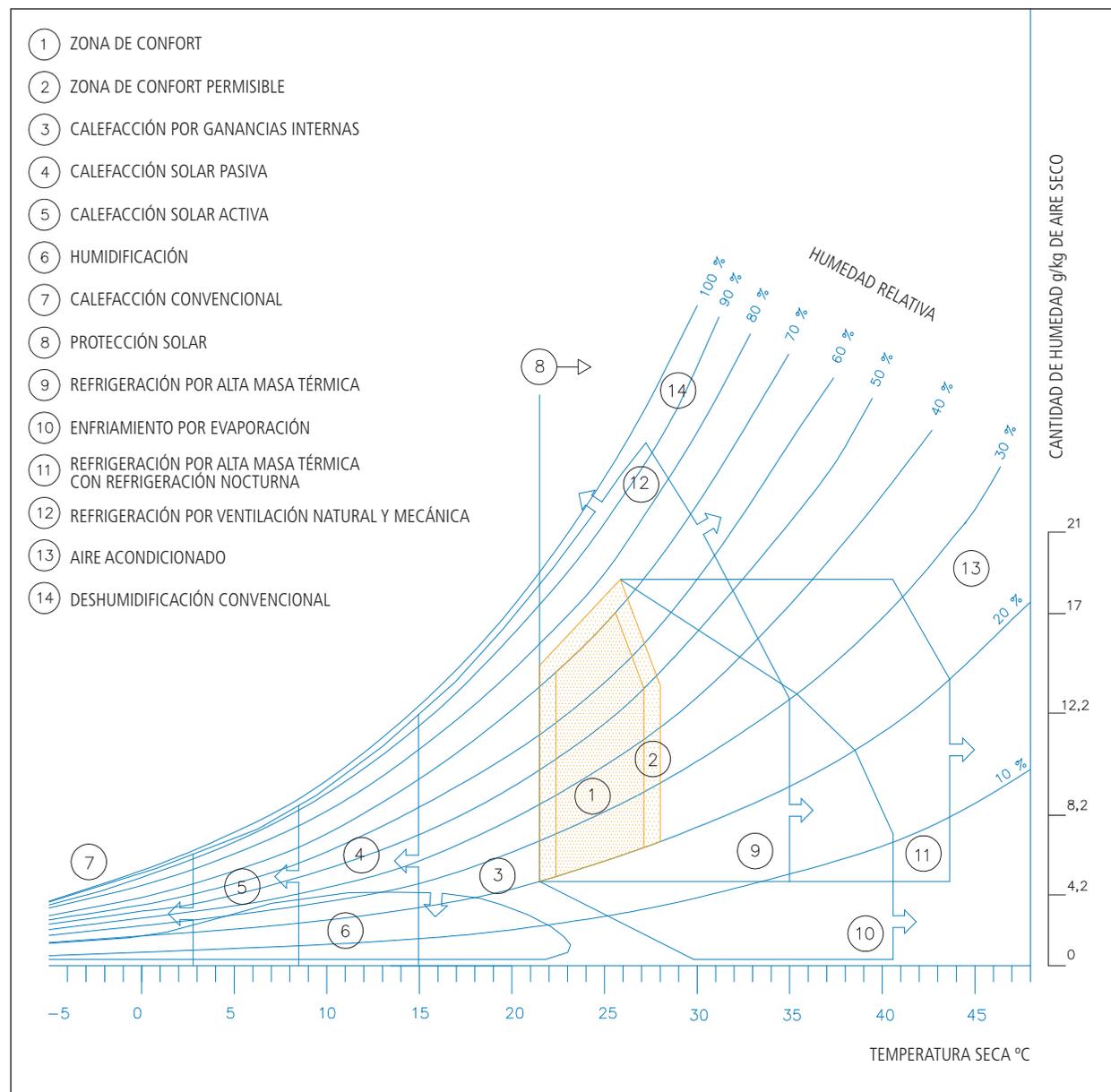


Figura 12.2. Carta bioclimática de Givoni (28° latitud norte)

diagramas bioclimáticos cómo estos parámetros influyen en el bienestar humano, se deberá analizar detalladamente cada una de dichas variables y los factores que más incidencia tienen sobre ellas.

Los parámetros que intervienen en la sensación térmica, dependientes del medio, son básicamente temperatura, humedad, radiación y movimiento del aire.

El siguiente capítulo se dedica a analizar cada uno de estos parámetros, su incidencia y relación con el edificio. Será sobre ellos, y sobre los factores que los modifican, en los que habrá que centrar las estrategias de actuación.

Los parámetros climáticos están interrelacionados entre sí, la variación de cada uno de ellos afecta a los demás y de la interacción entre todos depende la resultante final y, en definitiva, la sensación de confort. De entre todos ellos, el correspondiente a la temperatura es el de más difícil control, al depender de la acción del resto de parámetros. Por tanto, para el estudio que se realizará a continuación, se tomará la temperatura como una resultante, variable dependiente del resto de los parámetros (humedad, viento y radiación), y no como caso de estudio en sí mismo.

Cada una de las variables climáticas está sujeta a unas condiciones relativas en las cuales se desarrolla. Así, para que existan movimientos de aire deben existir diferencias de presión entre dos puntos (presiones o bajo presiones) que a su vez se pueden producir por calentamientos o enfriamientos de las superficies en contacto con el aire.

La alteración de los factores que inciden en el desarrollo de las variables climáticas puede servir para modificar, en el sentido requerido, los valores de dichas variables.

Normalmente resulta imposible influir en el clima regional, y muy difícil hacerlo en el de la zona, salvo que se tomen medidas de orden político en cuanto a la recuperación y ordenación del territorio a escala de Planes Generales. Sin embargo, es relativamente fácil actuar en el entorno más inmediato, el microclima, en el que se encuentran las edificaciones. La estrategia a utilizar

vendrá desde el propio diseño de la edificación y sus espacios adyacentes, lo que significa utilizar con determinado criterio los recursos constructivos para producir, por acción u omisión, las alteraciones de los parámetros climáticos requeridas para alcanzar la sensación de confort.

Antes de entrar en el análisis de las soluciones necesarias para alterar las variables climáticas, será interesante estudiar los parámetros climáticos, sus características y de qué modo influyen las condiciones del entorno construido en su regulación.

HUMEDAD

El parámetro de humedad que se considera en el estudio bioclimático es el referido a la humedad relativa, o sea, la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire y cantidad de vapor en aire saturado a la misma temperatura. También puede utilizarse la relación entre gramos de humedad y kilogramos de aire. Como puede verse en el diagrama de Olgay, si la temperatura se mantiene entre los 21,5 °C y 28 °C, se puede disfrutar de sensación de confort dentro de unos límites de humedad relativa (entre el 20% y el 50%), disminuyendo la tolerancia de temperatura al ir aumentando la humedad relativa.

Muy importante es la influencia de la humedad relativa cuando aumenta la temperatura por encima de los 25 °C. En este caso, las necesidades de corrección para mantener una sensación de confort admisible variarán dependiendo del contenido de humedad:

- Si la humedad relativa es inferior al 40% habrá que aumentarla.
- Si es superior a ese valor habrá que disminuirla o incrementar la ventilación.
- Por encima del 80% de humedad relativa es siempre necesario disminuirla para alcanzar el confort.

Se trata de un factor de cuya variación se depende fundamentalmente en las situaciones en las que las temperaturas son elevadas, y con el que se puede contar en las estrategias de refrigeración.

La variación de humedad relativa en el aire se produce a través de dos fenómenos físicos: la evaporación y la desecación. Ambos procesos necesitan de la presencia de calor (por cesión o absorción).

Para evaporar 1 litro de agua se requieren unas 600 kcal, estando la velocidad de evaporación directamente relacionada con la velocidad del aire y con su contenido en vapor de agua. Por el contrario, el poder desecante del aire (y por tanto su capacidad para evaporar agua) es mayor cuanto más caliente y seco sea.

Cuando no existen aportes energéticos del exterior, los intercambios de calor se producen en el interior de un sistema cerrado aire-agua. Una masa de aire seco y cálido en contacto con una superficie de agua (funciona mejor cuanto más superficie de contacto exista, como en el caso de las pulverizaciones aéreas de agua) pierde calor por evaporación mientras se satura de vapor de agua (figura 12.3).

Este principio, denominado saturación adiabática, explica los fenómenos de refrigeración del aire en presencia de agua. La temperatura final de la mezcla, con el aire saturado, se llama temperatura de saturación adiabática.

La humedad es un valor relativamente fácil de aumentar, pero más complicado de disminuir de un modo natural. Suele ser elevada en zonas costeras y en presencia de masas vegetales.

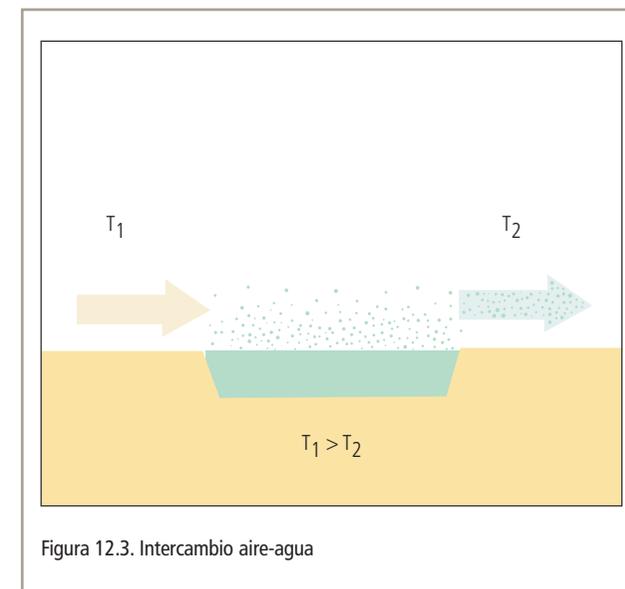


Figura 12.3. Intercambio aire-agua

Una de las concreciones arquitectónicas más sencillas de este principio físico es el patio con estanque y surtidores, como sucede en la Alhambra y el Generalife. Otro sistema muy utilizado es el riego de patios y terrazas, que además de enfriar el aire por evaporación, si los pavimentos son porosos, aumenta y mantiene la refrigeración, pues una vez saturados sueltan la humedad poco a poco.

La aplicación de este principio es simple cuando se trata de refrigerar lugares en donde es posible evaporar agua. Si a la refrigeración del aire mediante este último proceso se le une una ventilación forzada, es factible una eficaz disminución de la sensación de calor.

En Canarias el agua es un recurso escaso y los climogramas recomiendan la disipación de humedades.

El único problema que podría plantearse en este sistema es que la humedad generada por evaporación fuera excesiva. En esta hipótesis, sería necesario hacer pasar el aire, tras su humectación, por una zona de desecación. En realidad basta con poner en contacto dicho aire con materiales de alto poder desecante como el yeso, tradicional revestimiento interno de paredes y techos de los edificios.

Si la humedad es excesiva de modo natural y esto coincide con épocas de elevadas temperaturas, las estrategias a adoptar deben pasar o bien por la disminución de la humedad, por medio de sistemas de desecación, o bien por la disminución de la sensación de humedad, por medio de una suficiente ventilación.

VIENTO

Características del viento

El viento es uno de los factores climáticos de más difícil previsión, puesto que las variaciones de pendiente o relieve y las obstrucciones existentes en cada emplazamiento pueden alterar completamente los parámetros obtenidos en los observatorios meteorológicos en cuanto a regímenes habituales.

Las consideraciones en cuanto a la incidencia del viento están por tanto tan condicionadas a los factores locales que resulta difícil poder realizar un cuadro de situaciones tipo. Únicamente es posible dar una serie de datos, que habrán de matizar-

se en cada caso específico como consecuencia de las variaciones producidas por el entorno en cada una de sus escalas.

Las características del viento que pueden sufrir modificaciones son las relativas a velocidad (intensidad) y dirección, dado que la frecuencia depende de los factores generales del clima y no de las variaciones del entorno.

Para cuantificar en qué grado y de qué modo las modificaciones de los regímenes de viento son realmente significativas, conviene determinar en qué medida el viento incide en la sensación de confort y cuáles son sus efectos sobre el individuo.

La acción del viento sobre el hombre puede ser de dos tipos, acción mecánica o acción térmica.

Acción mecánica

Para tener una idea de cómo este factor afecta a las variaciones de confort, puede servir la tabla 12.2, con intensidades medidas en metros/segundo y en kilómetros/hora:

Sensación débil	$V < 4 \text{ m/s (14,4 km/h)}$
Sin perjuicio grave	$5 \text{ m/s (18 km/h)} < V < 10 \text{ m/s (36 km/h)}$
Perjuicio grave	$10 \text{ m/s (36 km/h)} < V < 15 \text{ m/s (54 km/h)}$
Peligroso para los peatones	$V > 15 \text{ m/s (54 km/h)}$

Tabla 12.2. Intensidades-consecuencias del viento

Acción térmica

La incidencia del viento permite mitigar los efectos del aumento de temperatura y humedad relativa por encima de los valores normales de confort. Esto significa que, cuando sea necesario y posible, se puede utilizar la acción mecánica del viento para producir una acción térmica que repercuta favorablemente en la sensación de confort.

Del diagrama de Olgay puede deducirse que los valores entre los cuales es efectiva la acción térmica del viento varían

según temperatura y humedad. Con humedades relativas entre el 20% y el 50% se puede suavizar la sensación de calor existente entre los 28 °C y los 35 °C. A partir de grados de humedad relativa superiores al 50%, el efecto refrigerante del viento pierde su eficacia progresivamente con el aumento de la temperatura, de modo que con humedades del 90% sólo se pueden suavizar eficazmente temperaturas del orden de los 28 °C.

La velocidad del viento (siempre dentro de los valores que no producen molestias) influye también en la reducción de la sensación de calor. Con una humedad constante, para reducir la sensación de calor en 1 °C es necesario un aumento en la velocidad del viento de 0,5 m/s (1,8 km/h) si las temperaturas están entre los 25 °C y los 30 °C y de 1 m/s (3,6 km/h) si están entre los 30 °C y los 35 °C.

Como ya se ha indicado, no basta con aplicar las intensidades de viento obtenidas por observatorios en una determinada zona para saber en qué medida el efecto del viento puede incidir en la sensación de confort. La variabilidad de las obstrucciones y de la forma de los obstáculos que éste encuentra a su paso modifica sustancialmente las condiciones de los vientos que efectivamente inciden en las fachadas de las edificaciones.

A efectos de diseño bioclimático los elementos necesarios para evaluar la incidencia real del factor de viento son los siguientes:

- Conocer las condiciones meteorológicas locales y sus parámetros variables, por medio de las mediciones realizadas por los observatorios correspondientes.
- Evaluar los elementos físicos del entorno capaces de variar dichos parámetros, tales como:
 - Altitud
 - Rugosidad
 - Obstrucciones naturales y artificiales

Cada uno de estos parámetros implicará una corrección de los valores obtenidos en los observatorios en el nivel de escala correspondiente.

Los parámetros iniciales necesarios para conocer la problemática del viento en el emplazamiento de actuación son los de velocidad, dirección y frecuencia.

Variaciones en los flujos de aire

Los flujos de viento pueden sufrir modificaciones sustanciales no sólo debido a factores orográficos generales sino también debido a condiciones particulares de los emplazamientos.

Es habitual que la intensidad de viento varíe en una misma zona según el tipo de geografía existente. La intensidad de viento aumenta al disminuir las obstrucciones, aumentando progresivamente desde los terrenos con protección, pasando por los espacios abiertos, las costas y llegando al mar abierto.

Las modificaciones en las condiciones de viento se encuentran determinadas fundamentalmente por los factores de obstrucción física, en los que influye tanto la forma como la composición del tipo de obstáculo. Dentro del campo de la arquitectura las obstrucciones más frecuentes son las que se producen entre edificaciones en un mismo entorno urbano. Conviene recordar que el edificio construido es en sí mismo una masa que actúa como barrera frente al viento y que, por tanto, está sometido a los mismos efectos (figura 12.4).

1. Efectos según la forma de la edificación

De los resultados obtenidos por los efectos que el viento ejerce sobre los sólidos que se interponen en su camino, se pueden establecer una serie de clasificaciones. Las que se exponen a continuación están relacionadas con los efectos de obstrucción que los edificios producen entre sí.

a. Efecto de esquina.

La velocidad del aire en las esquinas de la construcción aumenta al ponerse en contacto la zona de sobrepresión de la cara expuesta con la depresión que se produce en el lateral del edificio. El efecto se produce independientemente de la altura del edificio, aunque aumenta con ésta y es mayor en los edificios de planta rectangular que en los de planta cuadrada (figura 12.5).

El incremento de velocidad para una altura de 15 m (5 plantas) es de 1,2 veces en edificios de planta rectangular.

Este efecto se ve acentuado por un gradiente horizontal de velocidades que se produce en la esquina, con valor mínimo en

ese punto, y que va creciendo a medida que es mayor la separación.

b. Efecto Venturi

Cuando dos elementos de barrera se encuentran implantados de manera que formen un colector, se crea una aceleración a nivel de suelo. El factor se refuerza cuando las esquinas de

dichos elementos acaban en formas curvas en el estrechamiento o cuando se prolongan detrás de él divergiendo (figura 12.6).

Sus condiciones de existencia son tales que la dirección del viento ha de ser coincidente aproximadamente con la bisectriz del ángulo que se forma en el estrechamiento y la separación entre edificios esté comprendida entre 0,5 y 4 veces la altura de los edificios.

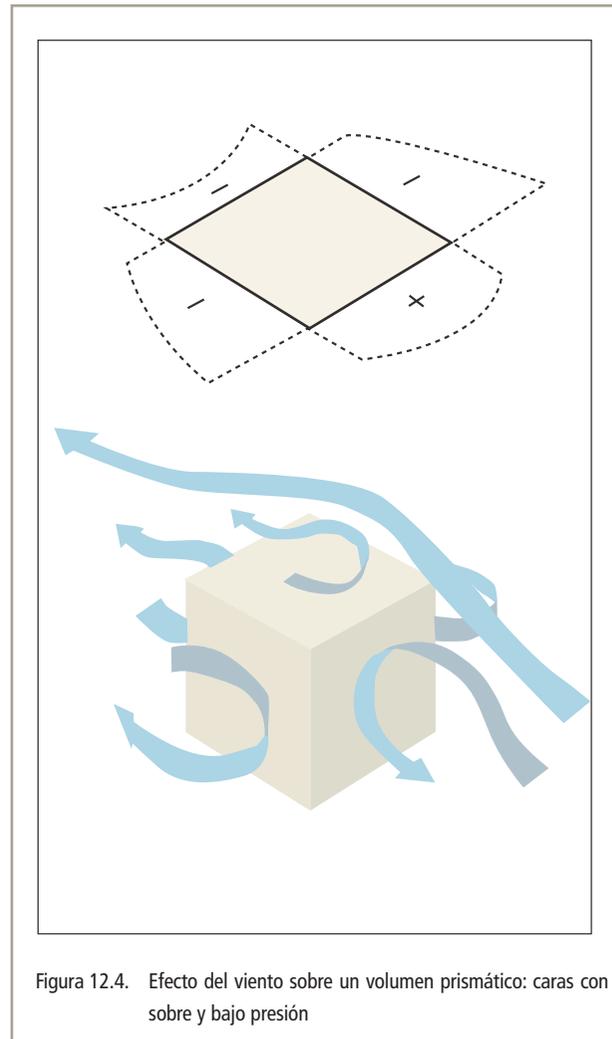


Figura 12.4. Efecto del viento sobre un volumen prismático: caras con sobre y bajo presión

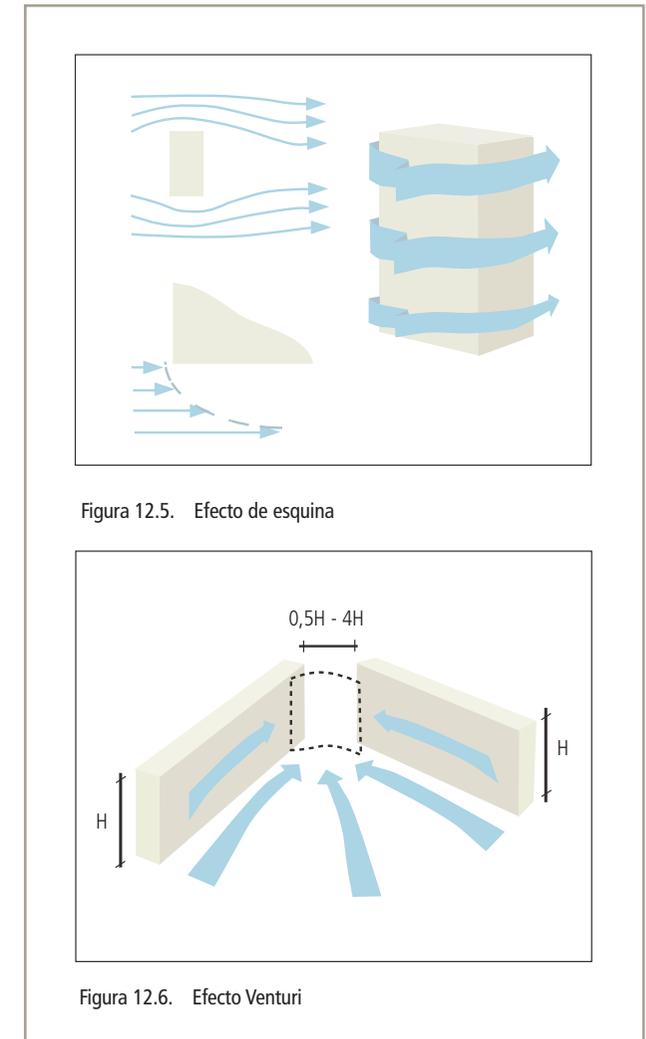


Figura 12.5. Efecto de esquina

Figura 12.6. Efecto Venturi

El efecto aumenta proporcionalmente a la altura y a la longitud de las edificaciones.

c. Efecto de abertura

El viento rodea el obstáculo, elevado con respecto al suelo, y se reparte entre la zona baja de la edificación (con mayor intensidad) y la zona superior (con menor intensidad) (figura 12.7).

El efecto aumenta con la altura del edificio, siendo mayor cuanto más perpendicular a la fachada sea la dirección del viento. En las aberturas con pantallas el efecto es mayor que en los pasadizos, extendiéndose la zona afectada en una dimensión igual a la de la abertura: como ejemplo para una altura de 5 plantas, el incremento de la velocidad del viento en la zona afectada es de 1,2 veces con respecto a la velocidad inicial.

d. Efecto de rodillo

Se produce un flujo en torbellino en la base de la cara expuesta al viento. La dirección del flujo de aire en dicha cara es perpendicular al suelo, para elevarse posteriormente en un movimiento circular (figura 12.8).

La condición de existencia es que la altura media del edificio sea superior a los 15 metros, extendiéndose la superficie afectada a lo largo de la base del edificio en una anchura prácticamente igual a la mitad de su altura.

e. Efecto de rebufo

Se produce un movimiento en torbellino detrás del edificio, por las diferencias de presión entre las caras, siendo el fenómeno proporcional al tamaño del edificio. La zona afectada se extiende hasta cuatro veces la altura del edificio, y en un ancho a cada lado igual a dos veces el ancho de la construcción (figura 12.9).

f. Efectos de barrera

La profundidad de las zonas protegidas es proporcional a la altura de las barreras. En las barreras limitadas longitudinalmente, como pueden ser los edificios, según aumenta la separación a la línea de barrera, la zona protegida disminuye desde los ángulos hacia el centro (figura 12.10).

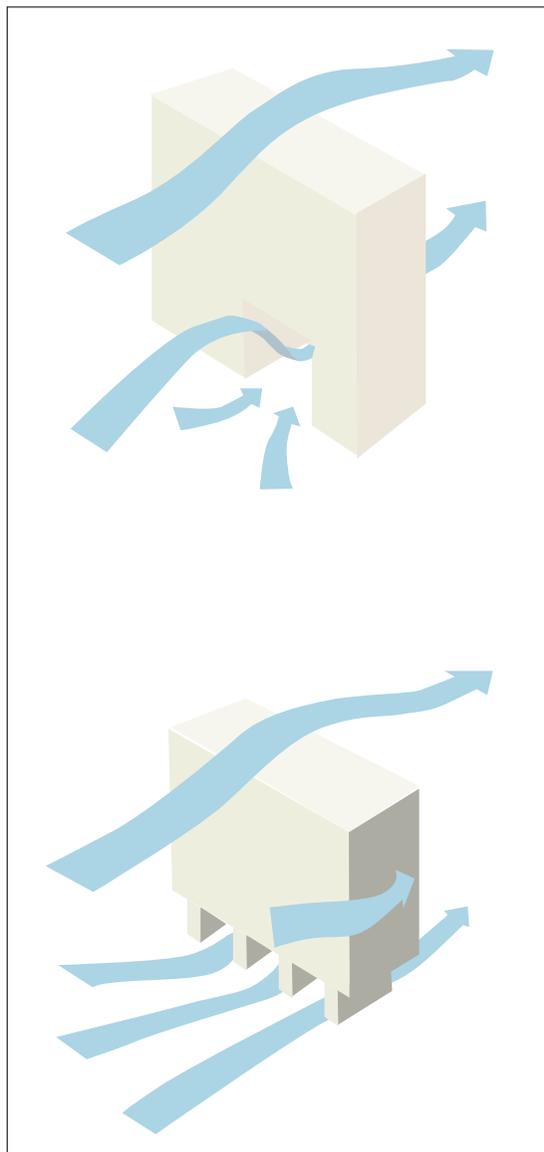


Figura 12.7. Efecto de abertura

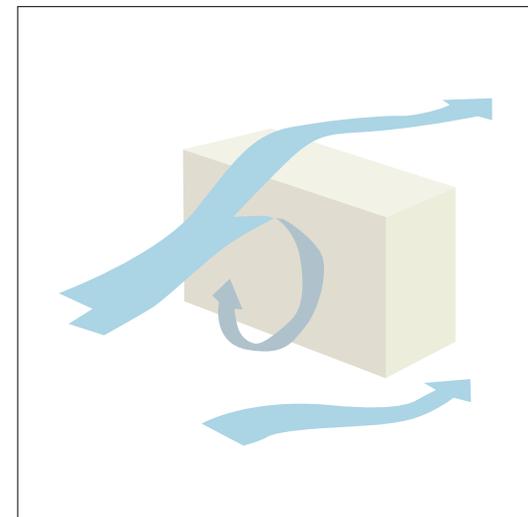


Figura 12.8. Efecto de rodillo

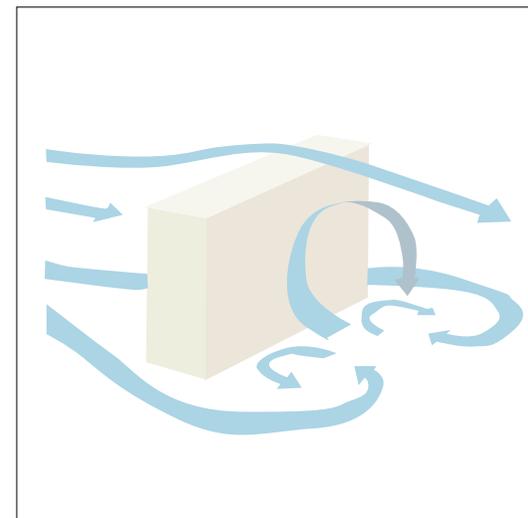


Figura 12.9. Efecto de rebufo

La relación entre altura y anchura de las barreras es tal que la profundidad de la zona protegida aumenta también con la longitud de la barrera. La mayor protección se obtiene cuando la longitud de la barrera es al menos diez veces su altura. La profundidad de la zona protegida se sitúa en un máximo de ocho veces la altura de la barrera.

2. Obstrucciones al viento

La mayor parte de las obstrucciones al viento responden al principio del efecto barrera. Los elementos que conforman barreras de viento, voluntaria o involuntariamente, son de dos tipos según su constitución material, vegetales o artificiales.

Barreras vegetales

Las barreras vegetales son las formadas por masas de árboles o especies vegetales con suficiente altura y frondosidad como para modificar los parámetros del viento. Pueden encontrarse naturalmente o estar realizadas por el hombre (figura 12.11).

En términos generales pueden ser de dos tipos, de hoja caduca y de hoja perenne. En el primero de los casos se tiene una



Figura 12.10. Efecto de barrera

barrera selectiva en cuanto a su duración temporal y aprovechando las diferentes floraciones de algunas especies vegetales se pueden conseguir unos efectos de barrera adecuados a cada época anual (figura 12.12).

Durante las épocas de caída de hoja desaparece este efecto de barrera, aunque esto se pueda amortiguar en parte con plantaciones de mayor densidad. Una de las ventajas de las plantaciones de hoja caduca es la capacidad de dejar paso a la radiación solar en las épocas de caída de hoja y el efecto barrera sobre esta misma radiación en las épocas de floración.

La eficacia del efecto de frenado (disminución de la velocidad del aire por efecto de la rugosidad) depende de la porosidad efectiva del follaje, es decir, de la relación de superficie de los orificios sobre la superficie total de la masa foliar ponderada por un

coeficiente de pérdida de carga. Esta porosidad varía según las estaciones y las especies elegidas.

a. Barreras artificiales

Como barreras artificiales se entienden las que se realizan con materiales de construcción. Su eficacia en cuanto a la disminución de la intensidad de viento se determina por su altura y el factor de permeabilidad.

En general, las barreras masivas, realizadas con materiales de construcción, son más eficaces en la reducción de la velocidad del viento. Sin embargo, las barreras de carácter vegetal, pese a dispensar una menor protección en términos de intensidad, tienen la ventaja de aumentar la profundidad de las zonas protegidas.

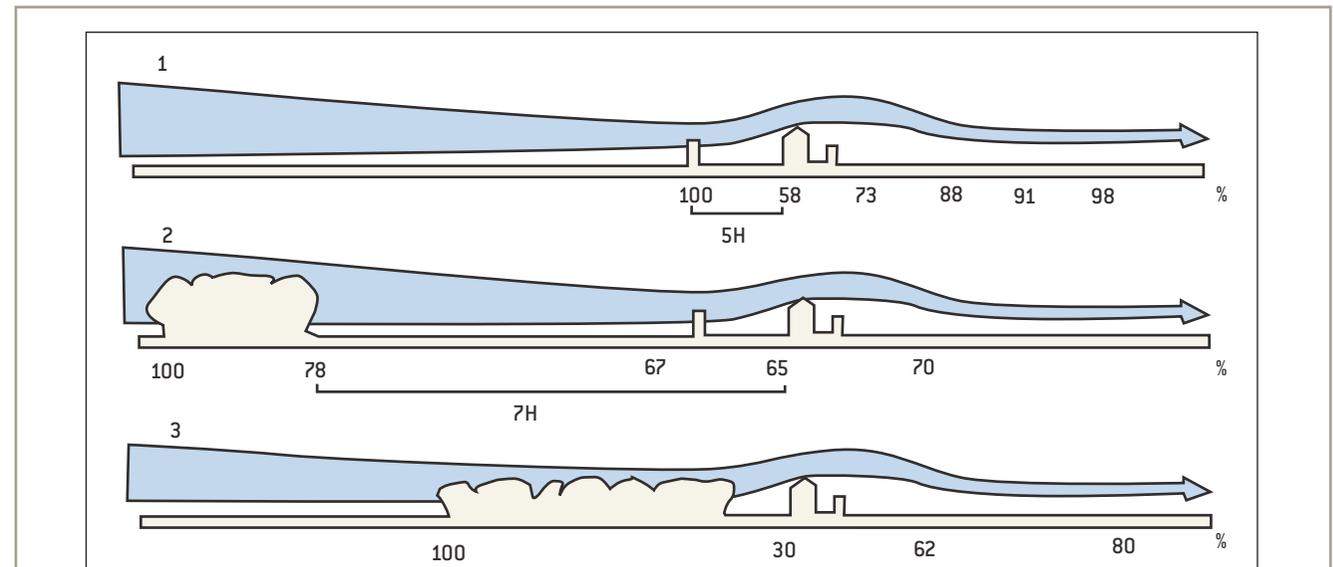
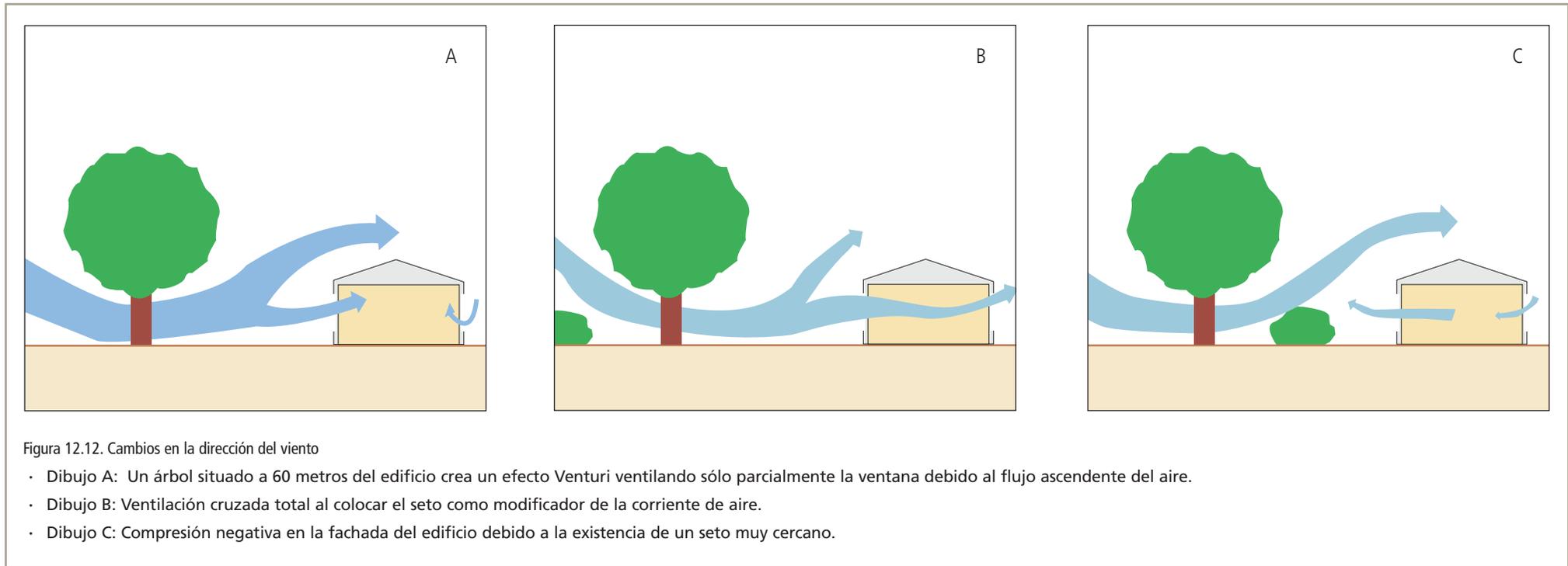


Figura 12.11. Efectos de las obstrucciones

Reducción de la velocidad del viento

Efecto de reducción de la velocidad del viento (expresado en tanto por ciento) según el tipo de barrera y la distancia.

- Dibujo nº 1: Barrera formada por un muro de construcción.
- Dibujo nº 2: Barrera formada por árboles de gran tamaño.
- Dibujo nº 3: Barrera formada por seto denso.



La barrera artificial más habitual está constituida por las propias edificaciones que forman la ciudad. La velocidad y dirección del viento son modificadas cuando se encuentran con un edificio. El viento tiende a rodearlo, creando una zona de fuerte presión en la cara expuesta y de depresión en la cara protegida, debido a los efectos de barrera y rebufo.

Dado que la velocidad del viento aumenta en relación a la altura con respecto al plano del suelo, se deduce que la velocidad del viento entre los espacios edificados es menor que entre las zonas arboladas y mucho menor que en los espacios abiertos.

Debido a la cantidad de obstrucciones que producen los edificios colocados de muy diversa manera en los núcleos urbanos, las corrientes de viento en el interior de ellos resultan particularmente turbulentas y variables y, en general, de difícil previsión.

Particularmente fuertes suelen ser las corrientes de aire situadas en la base de los edificios elevados, especialmente cuando éstos se encuentran situados en avenidas largas.

Conclusiones sobre la incidencia del viento

Una vez analizados los factores que inciden en los cambios de velocidad, dirección y frecuencia de los vientos dominantes en el emplazamiento, y teniendo en cuenta todos los factores que modifican los regímenes habituales en función del microclima y de las obstrucciones, se pueden diseñar las estrategias arquitectónicas a seguir según las necesidades de ventilación, protección al viento o combinación de ambas, necesarias para conseguir condiciones de confort.

En términos generales, conviene proteger las paredes expuestas a vientos dominantes fuertes, especialmente si se asocian con lluvia, así como a vientos secos y de carácter cálido, como pueden ser los vientos de origen sahariano. Si los vientos son flojos y templados, se pueden utilizar en la refrigeración interior de la vivienda; en este caso conviene disponer de aberturas practicables de suficiente dimensión, situadas de modo ligeramente oblicuo al ángulo de incidencia. Si dichos

vientos mantiene un cierto grado de humedad relativa, por encima del 50%, aumentará la sensación de refrigeración. En caso contrario se pueden utilizar sistemas de intercambio de calor (saturación adiabática) para humedecer el aire y disminuir su temperatura.

Seguidamente se desarrollan, de modo genérico, las estrategias específicas con respecto a la incidencia del viento, según las necesidades sean de ventilación o protección.

Ventilación

Es necesaria para alcanzar el grado de confort cuando existe calor excesivo y humedad relativa alta.

La velocidad de viento ha de aumentar progresivamente al aumento de la humedad relativa y la temperatura. El gráfico de Olgay da los valores de velocidad dentro de la zona de confort según la variación de estos dos parámetros. A partir de velocidades superiores a los 4 m/s (14,4 km/h) los efectos benéficos del

viento en la moderación de la sensación térmica se ven contrarrestados por los perjuicios derivados de su acción dinámica.

Estos mismos principios que se utilizan en los edificios para generar ventilaciones cruzadas pueden ser aplicados a escala urbana.

Para favorecer la ventilación entre una serie repetitiva de edificaciones situadas en paralelo, la disposición de las mismas ha de realizarse de modo que, situándose perpendicularmente al viento, su zona posterior de protección no llegue a cubrir la edificación siguiente, evitando de este modo el efecto barrera. Una buena relación sería dejar entre edificaciones un espacio correspondiente a cuatro veces la altura de la edificación precedente.

Dado que en el urbanismo habitual en España no se dispone de tanto espacio esta relación, resulta muchas veces inviable. Se puede en estos casos combinar tanto con efectos conseguidos por el uso de la radiación solar, ya descrito anteriormente, como por el uso de corrientes inducidas por efectos del tipo "Venturi" o "pilote".

En el primer caso, si existe alguna componente en la dirección del viento paralela a fachada, se pueden aproximar las edificaciones (teniendo siempre presente los problemas que esto puede generar a efectos de obstrucciones solares) de modo que se genere entre ambas y paralela a fachada una corriente de aire (efecto "Venturi") diferente a la existente en la fachada expuesta. El caso extremo de esta solución serían unos edificios colocados paralelamente a la dirección del viento.

En el segundo caso se puede favorecer una ventilación más fuerte bajo el edificio si éste se eleva sobre pilotes, o si se colocan grandes perforaciones en planta baja. La aceleración producida debe ser suficiente para permitir una diferencia de presiones entre ambas caras de la edificación.

Además de la acción mecánica del viento para conseguir ventilación, es posible aumentar el efecto de refrigeración disminuyendo su temperatura. Esto es posible utilizando el proceso descrito de saturación adiabática: poner en contacto, en un recinto, aire sin saturar con agua. El aire, por evaporación del agua, disminuye su temperatura al tiempo que incrementa su humedad.

Si a la ventilación natural se une la refrigeración del aire mediante este último proceso es factible una eficaz disminución de la sensación de calor. Para conseguirlo sería necesario combinar los sistemas ya descritos para obtener diferencias de presión entre partes de la edificación que permiten generar corrientes de aire y/o hacerlo correr por zonas más frías (sótanos, cámaras, conductos).

Protección al viento

Cuando los problemas para alcanzar la zona de confort se producen por la existencia de corrientes de aire, con sus consiguientes efectos de aumento de sensación de frío o de perjuicio físico por acción dinámica, se necesitarán protecciones adecuadas. El efecto dinámico es perjudicial siempre con velocidades superiores a los 10 m/s (36 km/h), e influye negativamente incluso con velocidades pequeñas en todo tipo de clima y condiciones de humedad si la temperatura es inferior a los 20 °C.

Ya se han explicado los tipos de barrera existente y su grado de protección. En la práctica, la colocación de barreras de viento externas a la edificación, tanto de tipo artificial como vegetal, está muy condicionada por el planeamiento vigente en el emplazamiento. Cuando su colocación no es posible, o se puede realizar de modo parcial (es el caso de las barreras vegetales, que al ser menos densas de las construidas necesitan una mayor profundidad) han de paliarse estas deficiencias con orientaciones poco expuestas de las edificaciones, y si esto no es posible, con la adopción de medidas adecuadas de corrección en la propia edificación.

Las barreras vegetales producen una disminución efectiva de la velocidad del viento tras ellas que es proporcional a la distancia. El efecto de rebufo es pequeño debido a su cierta permeabilidad y baja densidad, por lo que los mayores efectos de protección se observan en distancias inmediatamente próximas a dichas barreras. Aumentando la altura de las mismas aumenta el rebufo, pero siempre se mantiene en márgenes tan escasos que puede considerarse despreciable.

Las barreras artificiales, realizadas con los habituales materiales de construcción, masivos y densos (muros, vallas metálicas), producen sus máximos efectos de disminución de velocidad del viento incidente a una distancia igual a su altura, y no inme-

diatamente tras ellas, a causa del efecto de rebufo. A partir de ese punto su eficacia disminuye proporcionalmente a su distancia de colocación.

Es importante utilizar los datos sobre la dirección del viento dominante y más frecuente, tanto en invierno como en verano, ya que pueden ser distintos, y permitir que el edificio aproveche los movimientos del aire en los meses cálidos y se cierre a los de los fríos con volúmenes, formas y/o elementos fijos en la construcción.

RADIACIÓN SOLAR

De la observación del diagrama de Olgay se deduce que, para obtener la sensación de confort, cuando las temperaturas son superiores a los 20 °C, es necesario protegerse de la radiación solar, mientras que por debajo de esa temperatura, se necesita el aporte de energía por radiación para conseguir el mismo efecto.

En zonas en las que la radiación solar es muy alta a lo largo de todo el año, definir las estrategias que protejan de ella durante los meses sobrecalentados, y las que la aprovechen y distribuyan en los momentos infracalentados, es decir, diseñar sistemas que conduzcan a un buen aprovechamiento bioclimático, incidirá de un modo definitivo en el ahorro de energías no renovables.

Para el estudio de la radiación solar global hay que tener en cuenta tres componentes:

- La radiación solar directa que depende del espesor y limpieza de la atmósfera.
- La radiación difusa que variará de acuerdo con la turbiedad de la atmósfera y la altura solar.
- La radiación reflejada que depende de la reflectividad o albedo de las superficies adyacentes.

En los estudios de radiación para captación solar directa, este último factor, el de la radiación reflejada, no se suele tener en cuenta. Sin embargo, su influencia puede llegar a ser muy importante en áreas urbanas, donde disminuye significativamente el albedo debido a la alta capacidad calorífica de los materiales de construcción.

Se ve que las necesidades de radiación varían según las condiciones de cada lugar y edificio. Por medio de las cartas de radiación solar es posible determinar la cantidad de la misma que incide en una determinada superficie según día, hora, latitud, orientación e inclinación del plano incidido (figura 12.13).

En la cuantificación real del balance energético en una edificación, entran en juego los factores de acumulación y redistribución de calor, en los cuales la influencia de los materiales y de la forma de la edificación son determinantes, por lo que sólo puede hacerse con cierta exactitud a posteriori y mediante sistemas de simulación por ordenador.

Como recomendación general y práctica, en el caso de necesitar ganancias solares directas para entrar en la zona de confort, el sistema de actuación más fácil es el siguiente:

- Cerciorarse de la posibilidad de obtener dichas ganancias, comprobando que lo permiten la orientación del edificio y las obstrucciones durante un período de tiempo suficiente.
- Dimensionar los huecos de ventana con la suficiente amplitud para permitir unas ganancias adecuadas a la cantidad de volumen que se desea calentar.
- Orientar dichos huecos de modo que la captación directa de radiación solar sea la mayor posible durante el día.
- Prever las medidas complementarias adecuadas para conseguir tanto una buena acumulación como redistribución del calor proveniente de la captación por medio de la adecuada colocación y empleo de los materiales constructivos.
- Prever medidas que impidan la pérdida de calor por radiación de los materiales hacia el exterior en las horas nocturnas.

Factores de consideración sobre la radiación solar

La radiación solar que recibe un elemento determinado, un edificio, por ejemplo, depende de tres factores: la latitud, la orientación y las obstrucciones.

El primero de los factores es intrínseco al lugar, el segundo y el tercero pueden ser o no manejables según los condicionantes de cada proyecto específico.

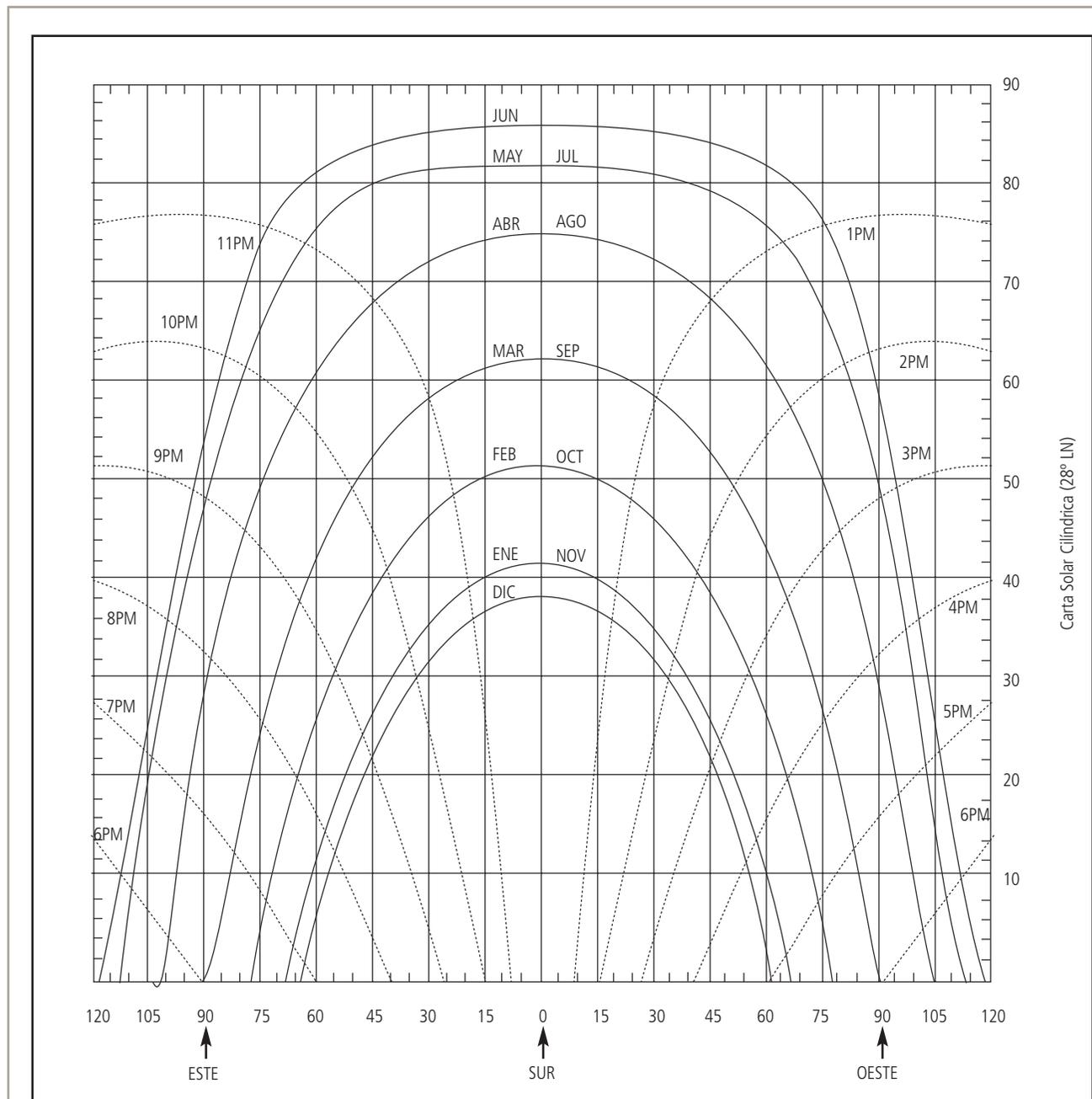


Figura 12.13. Carta Solar Cilíndrica (28° LN)

Latitud

Las cartas solares correspondientes a cada latitud indican la posición del Sol con respecto al observador según las horas del día. La intensidad de la radiación solar se encuentra reflejada en tablas y mapas específicos para cada zona y varían incluso dentro de la misma latitud, pues este factor depende de parámetros más complejos, como la altitud, el albedo o la turbiedad del aire. Para verificar exactamente estos datos se recomienda consultar los mapas climáticos descritos en los capítulos anteriores.

Orientación

La intensidad de radiación varía en relación a la orientación y a la época del año. Durante los meses de invierno, aproximadamente el 90% de la energía solar que se recibe lo hace entre las 8 h y las 16 h, horas solares.

De las cartas solares se deduce que la mayor cantidad de energía directa se recibe, en invierno, en la orientación Sur, disminuyendo hacia las orientaciones este u oeste, de modo proporcional a la disminución de su ángulo de elevación sobre la horizontal, manteniéndose baja la radiación cenital. En verano se recibe la mayor radiación en los planos paralelos al suelo, siendo la radiación recibida a este y oeste incluso mayor que la recibida al sur.

Como se muestra en la figura 12.14, en un edificio de forma prismática, la intensidad de la radiación varía según la época del año al variar el ángulo de inclinación del Sol.

De todo ello se deduce que, en los meses en los que se necesitan ganancias solares directas y una vez dimensionados los huecos captadores necesarios para recibir radiación directa en invierno, es necesario asegurar por medio de su correcta orientación que reciban la cantidad necesaria de radiación continua y durante un número de horas suficiente.

Según aumenta la temperatura media en invierno disminuye la proporción de ventana captora necesaria, pero puede suceder que en determinados lugares con diferencias térmicas diarias muy acusadas o con pérdida de la sensación de confort en verano por exceso de calor se tengan problemas de sobrecalentamiento a través de los huecos captadores. Para evitar estos problemas es preferible el uso de sistemas de protección que impidan la penetración de la radiación sobrante, y no la reducción del tamaño de huecos, aconsejado para las condiciones desfavorables.

Dado que según la orientación cambia la cantidad de radiación y el ángulo de incidencia, habrá que determinar los valores de ambos factores a través de las cartas solares cilíndricas y de las tablas de radiación, teniendo en cuenta no sólo los ángulos de incidencia, sino la cantidad de tiempo que se mantiene el soleamiento para garantizar un mínimo de efectividad, por debajo de la cual las ganancias solares pueden ser insuficientes.

Puede ser que debido a condicionantes intrínsecos al lugar (vistas, vientos, obstrucciones, ordenanzas) no sea posible, caso de ser necesario, la orientación óptima de los huecos para captación directa.

Como referencia se aporta en la figura 12.15 un gráfico comparativo de los valores de radiación en días claros en función de su orientación, calculada para una latitud de 28°N, que procede de los trabajos de Edward Mazria.

En las condiciones para Canarias, la mejor orientación es la sur, no sólo por la mejor capacidad de captación en invierno (cuando así se requiera), sino porque es más sencillo evitar los sobrecalentamientos de verano que en otras orientaciones (Este y Oeste).

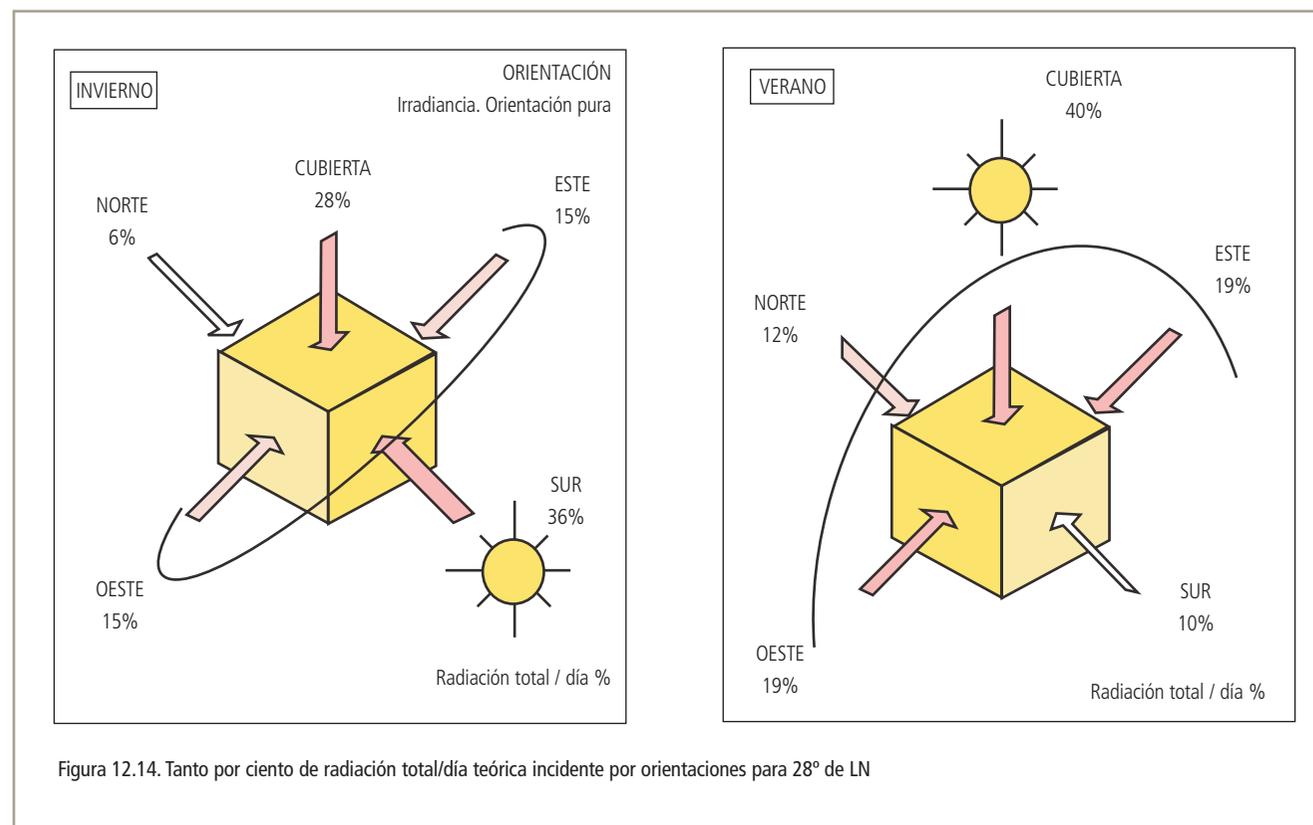


Figura 12.14. Tanto por ciento de radiación total/día teórica incidente por orientaciones para 28° de LN

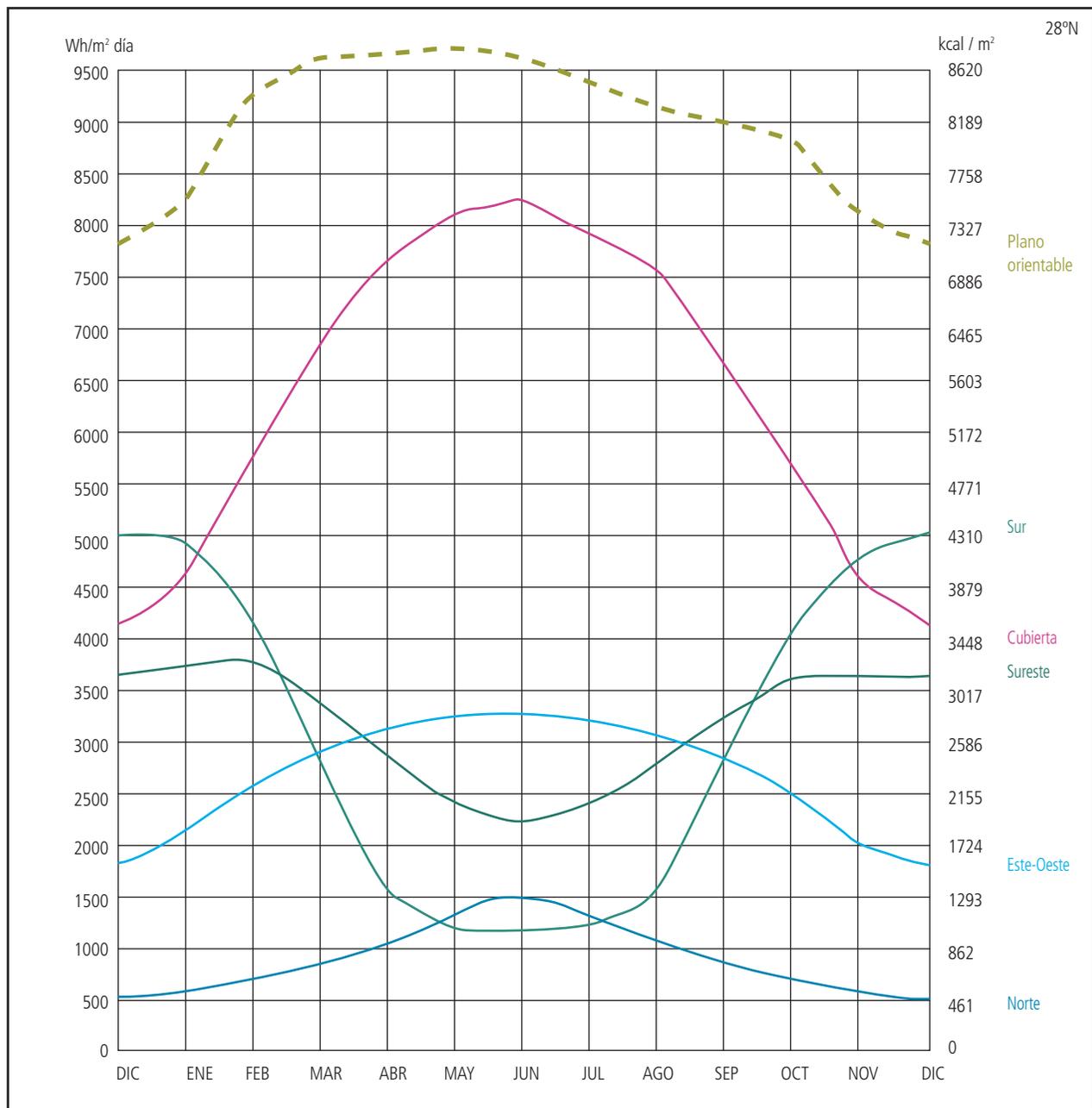


Figura 12.15. Valores de irradiancia a través de 1 m2 de vidrio con distintas orientaciones

Obstrucciones solares

Las obstrucciones a la radiación solar dependen de los obstáculos que ésta encuentra en su trayectoria. Dichas obstrucciones pueden ser de dos tipos: debidas a factores que alteren la densidad y composición del aire (turbiedad del aire) o debidas a la interposición de obstáculos físicos.

La incidencia de la turbiedad del aire en la recepción de la radiación es significativa a unos niveles de escala amplios, relativos a núcleos urbanos o a determinadas zonas con alta concentración de partículas en suspensión. En cualquier caso, las tablas de radiación e irradiancia aportadas y los resultados que se encuentran en ellas expresan normalmente unos valores que ya tienen corregidas estas desviaciones.

A efectos prácticos, lo realmente significativo son las obstrucciones que producen los obstáculos físicos, pues son las que determinarán la posibilidad de utilizar o no radiación directa para captación.

Las obstrucciones por obstáculos físicos pueden producirse de dos formas diferentes, debidas a obstáculos topográficos como montañas, masas de árboles o laderas de valles y colinas o bien debido a obstáculos artificiales construidos por el hombre.

En ambos casos las soluciones a los problemas de obstrucción solar no suelen pasar por la eliminación física del obstáculo, por ello habrá que tenerse en cuenta dicho factor a la hora de evaluar las posibilidades de captación solar directa de cada edificio. Las obstrucciones solares son un factor determinante en las estrategias del diseño solar pasivo, pues determinan hasta qué punto es posible el uso del sol como fuente de captación directa. También es interesante conocer cuáles son los límites entre los que se han de situar los obstáculos a la radiación en los supuestos en los que se necesite protección frente a un soleamiento excesivo.

La posición de las obstrucciones para permitir el paso de la radiación o impedirlo son de una complicación notablemente inferior en el caso de que las medidas correctoras en una determinada zona sean de un tipo (captación) o de otro (protección). En dicho supuesto la estrategia de diseño estará definida en una sola dirección.

Habitualmente, éste no suele ser el caso de la mayoría de las localizaciones, que suelen requerir de captación solar en invierno y protección frente a la radiación en verano.

Entre estos dos supuestos siempre es más interesante analizar en profundidad los condicionantes que afectan más a los problemas de captación directa, puesto que en los casos de radiación excesiva se puede recurrir a sistemas de protección incluidos en el diseño del propio edificio, prescindiendo de factores exteriores.

En la edificación urbana el aspecto más relevante, en cuanto a obstrucciones se refiere, es el efecto de barrera solar que producen unos edificios con respecto a otros, mucho más habituales que las obstrucciones de carácter vegetal o topográfico.

Las obstrucciones a tener en cuenta serán no sólo las producidas por los edificios construidos en el entorno de actuación, sino también se habrá de tener en cuenta los efectos que se producirán por los de futura construcción, por edificación de solares o por transformación urbana debido a cambios de normativa.

Los condicionantes de actuación con respecto al problema planteado por las obstrucciones solares es radicalmente distinto si las edificaciones en las que se quiere incorporar medidas de corrección a través de captación directa se realizan en áreas urbanas ya edificadas y, por tanto, con una morfología ya determinada en cuanto a orientación de las calles y altura de los edificios, que cuando se planifica una actuación urbanística de nueva planta, en donde el diseño urbano y fundamentalmente la relación existente entre anchura de calle y altura de la edificación se puede realizar a partir de los supuestos de necesidad de captación directa.

En el caso de las edificaciones a realizar en áreas urbanas consolidadas, el estudio de las obstrucciones solares puede servir para la elaboración de los perfiles de sombra. Éstos consisten en el trazado sobre la carta solar de los límites de altura y profundidad por debajo de los cuales no existe radiación directa y, viceversa, saber la cantidad de tiempo en que las superficies situadas por encima de la línea de sombra reciben dicha radiación.

En el caso del planeamiento urbanístico de nueva planta, el estudio puede convertirse en un instrumento de diseño fundamental para la elaboración de un nuevo tipo de relaciones entre los espacios edificados y los libres, de manera que las nuevas edificaciones reciban una adecuada cantidad de radiación durante el tiempo suficiente para que resulte factible un abaratamiento de los costes energéticos en calefacción y refrigeración.

Conclusiones sobre la incidencia de la radiación solar

Del análisis del comportamiento solar según las diferentes orientaciones en Canarias, se pueden extraer las siguientes conclusiones, según las necesidades de cada lugar sean la captación solar o de protección.

Captación solar

Dado que la media de temperatura tiene sus valores más bajos en Canarias (meses más fríos) en enero y febrero, conviene trabajar con los valores de las cartas solares relativos a estos meses, que son ligeramente más favorables que los de diciembre.

- Para un adecuado aprovechamiento de la energía de radiación, como se ha explicado en el estudio de la radiación incidente, la cantidad de tiempo necesaria para la captación oscila entre las tres y las cinco horas, escogiendo en este estudio un óptimo de cuatro horas.
- La mejor orientación de las edificaciones, en cuanto a la correcta respuesta a estos dos condicionantes de captación, es la sur, situando los edificios en calles de dirección este-oeste.
- Las orientaciones sureste y sudoeste representan ligeras desventajas con respecto a las orientaciones sur, en cuanto a la necesidad de anchura de calle. Para la peor hora (inicial o final del recorrido, según la orientación) se necesitaría en enero una anchura de en torno a dos veces la altura de la obstrucción.
- Las orientaciones este y oeste presentan fenómenos parecidos en cuanto a la relación altura de la obstrucción-anchura de calle.

En orientaciones este y oeste surgen además problemas añadidos, debidos a una disminución de las horas de radiación y a la menor intensidad de la misma, al concentrarse en las horas de mañana (orientación este) o de tarde (orientación oeste) y no repartirse en las horas centrales del día solar.

En este tipo de orientaciones pueden existir factores adicionales de complejidad, por ejemplo, las molestias que puede causar visualmente el sol por deslumbramiento en orientaciones a oeste en invierno.

Cuando no se cumplan las relaciones entre anchura de calle y altura de la edificación sólo caben dos opciones: o conseguir aportaciones de radiación mediante otros sistemas (radiación reflejada, captación cenital) o renunciar a la misma y utilizar un eficaz aislamiento para optimizar el rendimiento de sistemas de calefacción tradicionales o sistemas solares activos.

Protección solar

Urbanísticamente es incompatible la relación del ancho de las calles y la altura de la edificación para solucionar tanto la necesidad de captación (en los meses fríos) como la necesidad de protección (en los meses cálidos). No existe una relación adecuada en ninguna orientación que asegure una eficaz solución de ambas necesidades.

Como habitualmente es más difícil eliminar obstáculos que crearlos (especialmente cuando éstos son edificios o accidentes geográficos) y la radiación solar se puede detener pero nunca generar artificialmente, siempre primará la necesidad de conseguir suficiente captación. En estos casos, las protecciones solares se habrán de resolver mediante elementos arquitectónicos del propio edificio, que impidan la entrada de radiación en verano pero la posibiliten en invierno.

BLOQUE V

CONFORT TÉRMICO Y DISEÑO

Margarita de Luxán García de Diego
Araceli Reymundo Izard
(autoras)

M^a. Cruz Bango Yanes
Jackeline Hernández Tejera
(colaboradoras)

13. CARTAS BIOCLIMÁTICAS DE LAS ZONAS ESTUDIADAS

M. de Luxán García de Diego, A. Reymundo Izard, M^a. C. Bango Yanes, J. Hernández Tejera

CARTAS BIOCLIMÁTICAS DE LAS ÁREAS ELEGIDAS COMO REPRESENTATIVAS DE LAS ZONAS CLIMÁTICAS DE LAS ISLAS CANARIAS

Para facilitar la utilización de este manual, se ha optado por realizar las Cartas Bioclimáticas más significativas de Olgay y Givoni de una serie de lugares representativos del clima de cada isla (uno de cada vertiente de las islas menores y diez en total para las islas mayores).

También se indica entre paréntesis la zona climática que en el Código Técnico de la Edificación-HE1 correspondería a cada lugar a partir de valores tabulados en el mismo.

Hay que tener en cuenta que lo variado de la geografía canaria condiciona situaciones climáticas que pueden diferenciarse aunque las poblaciones estén cercanas; en todo caso, siempre conviene utilizar los datos climáticos más particularizados que se alcancen a conseguir. Si esto no fuese posible, cabe partir, básicamente, de estos climogramas y realizar las correcciones y diferenciaciones que se estimen lógicas y pertinentes.

Para la elaboración de estos diagramas se han utilizado las temperaturas medias, máximas y mínimas en cada lugar y los valores de humedad relativa corresponden a las 7 h (humedad máxima) y a las 13 h (humedad mínima).

Las zonas seleccionadas para la elaboración de los climogramas se indican en las páginas siguientes.

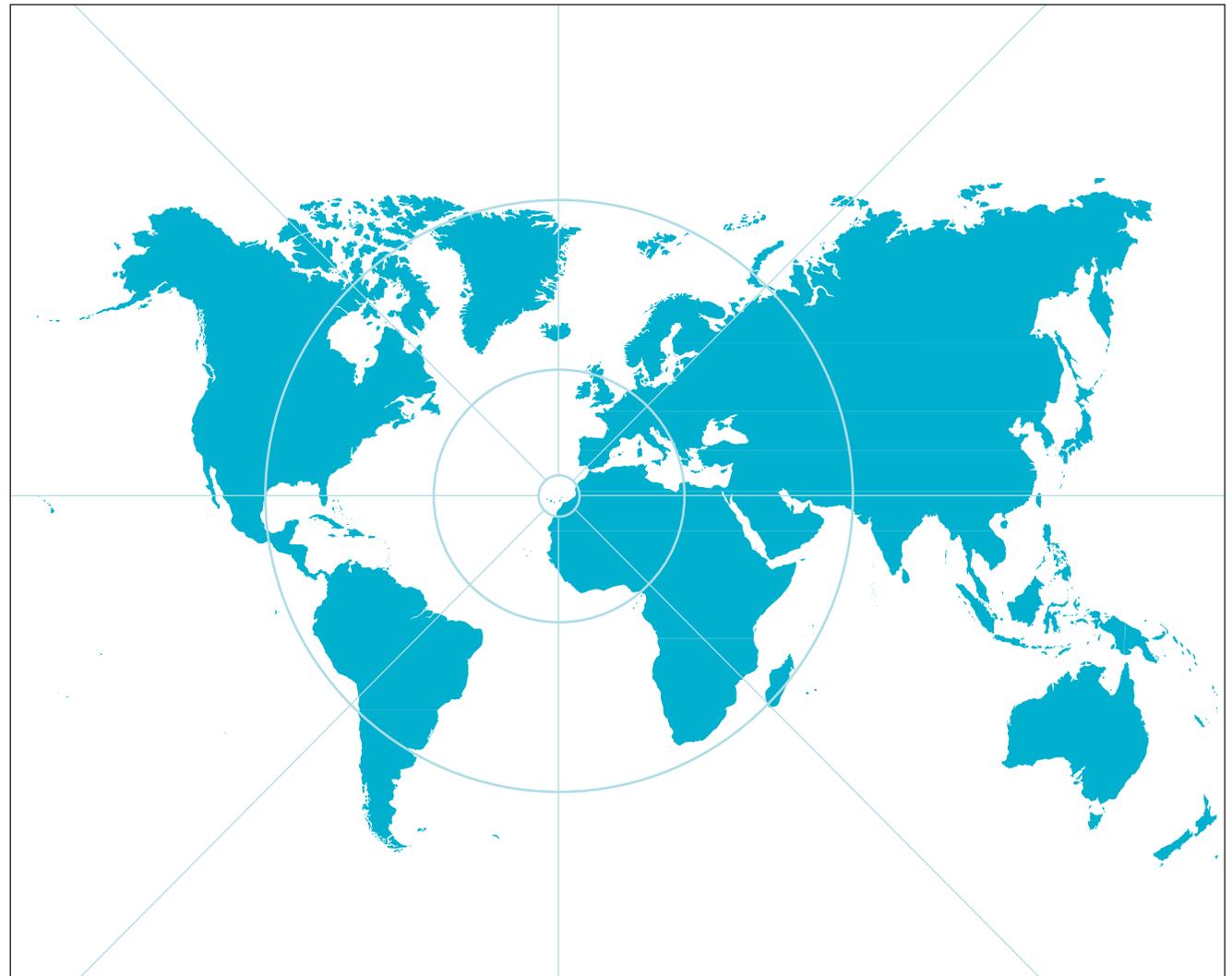




Figura 13.1. Localización de los lugares estudiados en las Islas Canarias

LA PALMA		GRAN CANARIA	
Santa Cruz de la Palma	(Zona A3)	Las Palmas de Gran Canaria	(Zona A3)
Los Llanos de Aridane	(Zona A3)	Tamaraceite	(Zona A3)
Breña Alta	(Zona A3)	Vecindario	(Zona A3)
Barlovento	(Zona A3)	Maspalomas	(Zona A3)
EL HIERRO		Guía	(Zona A3)
Frontera	(Zona A3)	Valleseco	(Zona B3)
La Restinga	(Zona A3)	Santa Brígida	(Zona A3)
Valverde	(Zona A3)	Valsequillo	(Zona A3)
LA GOMERA		Puerto Mogán	(Zona A3)
San Sebastián de la Gomera	(Zona A3)	Cruz de Tejeda	(Zona B3)
Valle Gran Rey	(Zona A3)	Melenara	(Zona A3)
Agulo	(Zona A3)	San Nicolás de Tolentino	(Zona A3)
FUERTEVENTURA		Temisas	(Zona A3)
Corralejo	(Zona A3)	TENERIFE	
Antigua	(Zona A3)	Santa Cruz de Tenerife	(Zona A3)
Puerto del Rosario	(Zona A3)	La Laguna	(Zona A3)
Morrojable	(Zona A3)	Puerto de la Cruz	(Zona A3)
LANZAROTE		Granadilla	(Zona A3)
Arrecife	(Zona A3)	El Médano	(Zona A3)
Teguise	(Zona A3)	Las Américas	(Zona A3)
Playa Blanca	(Zona A3)	Puerto de Santiago	(Zona A3)
		Tacoronte	(Zona A3)
		La Esperanza	(Zona B3)
		Güímar	(Zona A3)
		Guía de Isora	(Zona A3)
		La Orotava	(Zona A3)

Tabla 13.1. Núcleos urbanos estudiados y zona climática correspondiente según CTE

ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS DE CONFORT Y RECOMENDACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA CADA UNA DE LAS CARTAS BIOCLIMÁTICAS

LA PALMA

Santa Cruz de La Palma. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es benigno con temperaturas medias mínimas superiores a los 14,9°C y medias de las máximas superiores a los 21°C en los meses más fríos (enero y febrero) de modo que, durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de marzo, abril y diciembre, aún más suaves, ocurre algo similar con temperaturas medias mínimas superiores a los 15,4°C y máximas en torno a los 22°C y para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar en sombra durante las horas del mediodía. En el resto de las horas del día es suficiente la radiación solar para la obtención del bienestar.

En mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre hay que permanecer a la sombra casi todo el día ya que se alcanzan temperaturas medias máximas superiores a los 25°C.

En los mediodías de agosto y septiembre se necesitaría, además de la sombra, una velocidad del aire de 0,1 m/s.

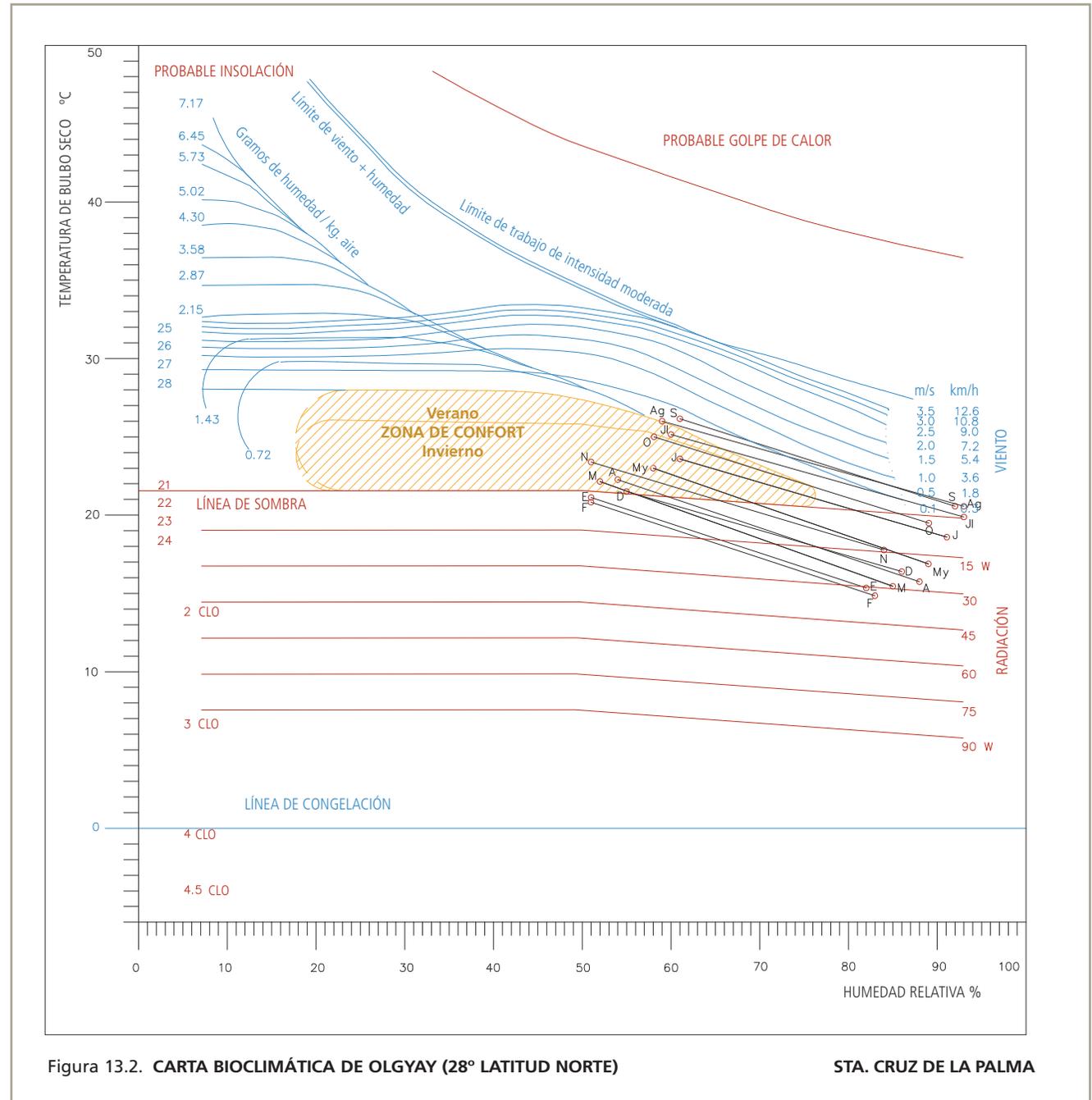


Figura 13.2. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

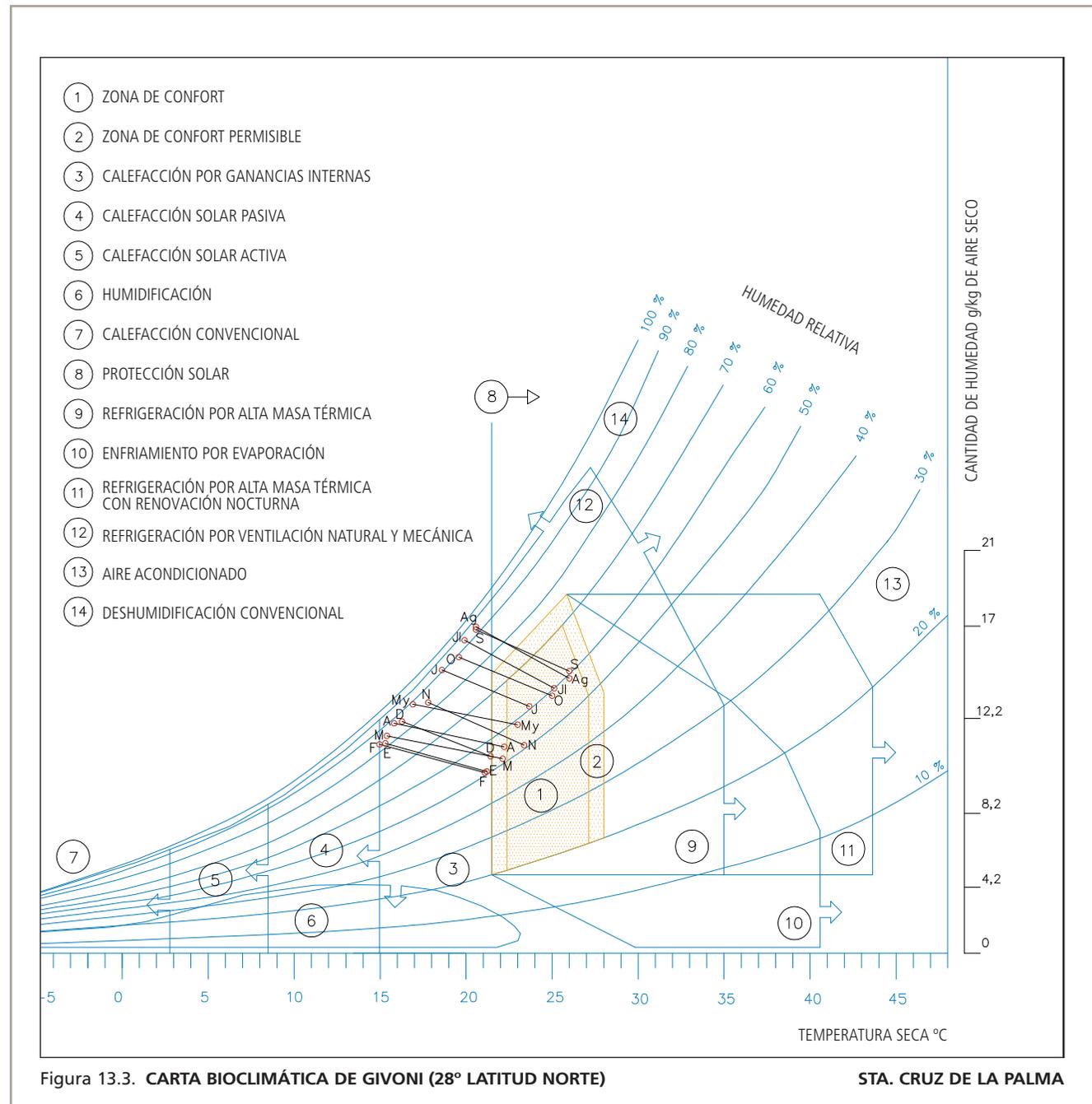
STA. CRUZ DE LA PALMA

Santa Cruz de La Palma. *Carta Bioclimática de Givoni*

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante el mes de febrero, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de unas 9 a 12 h.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones solares se necesitarán los mediodías de noviembre, diciembre, marzo y abril y durante todo el día en mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre.



Los Llanos de Aridane. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es bastante benigno con temperaturas medias mínimas superiores a 12°C y medias de las máximas en torno a los 19°C. Durante el día la radiación solar es suficiente para estar en confort en los meses más fríos (enero y febrero). Los meses de marzo, abril y diciembre, más moderados, también precisan radiación solar para estar en confort.

En los meses de junio, octubre y noviembre se necesitaría estar a la sombra en las horas de mediodía y en el resto de las horas del día es suficiente la radiación solar para la obtención de bienestar térmico.

En julio, agosto y septiembre, para alcanzar el confort, hay que permanecer a la sombra, ya que se alcanzan temperaturas medias máximas en torno a los 28°C y se necesitará un movimiento del aire de en torno a 0,1 m/s para disipar humedad.

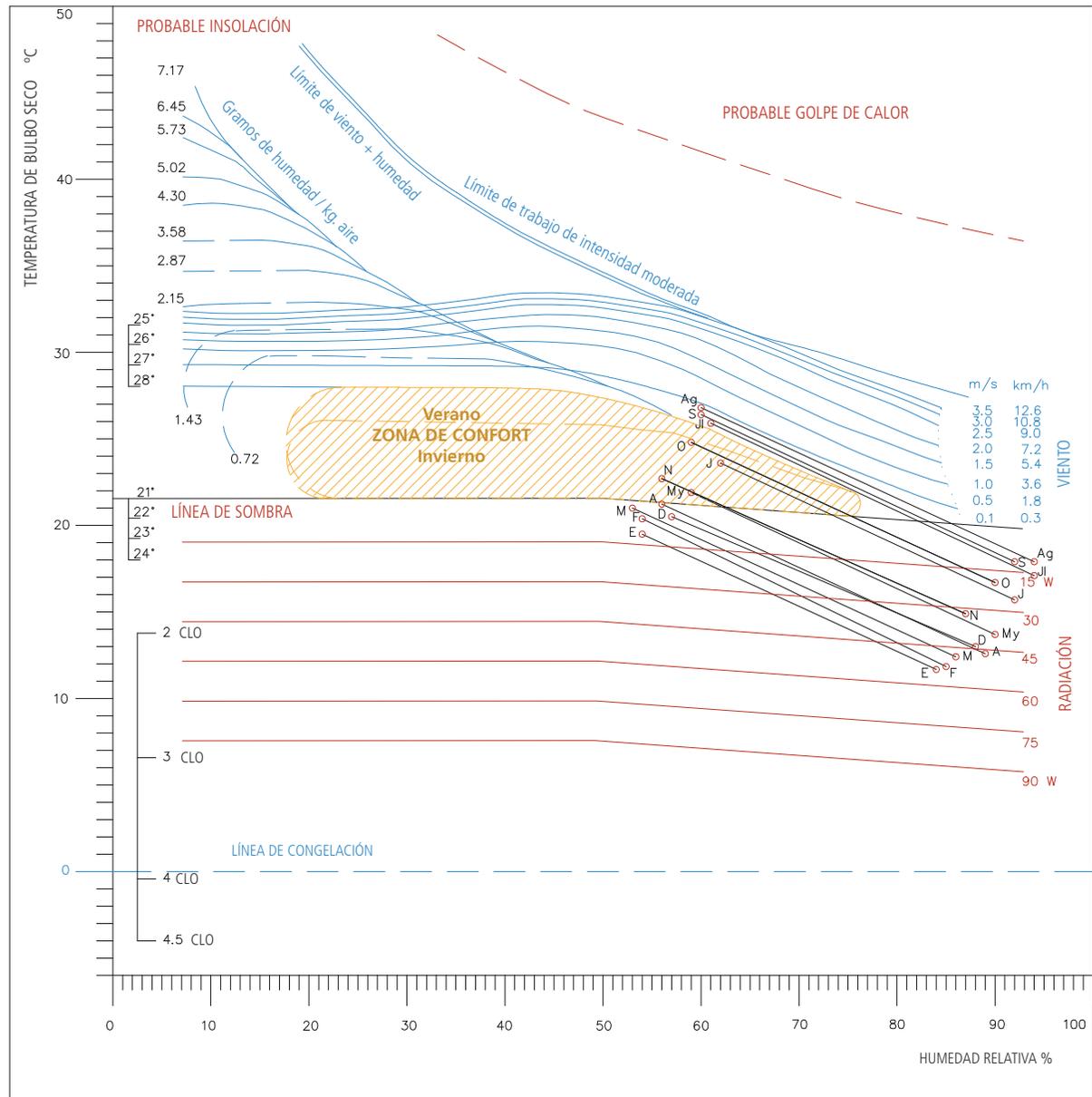


Figura 13.4. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

LOS LLANOS DE ARIDANE

Los Llanos de Aridane. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de unas 9 a 12 h.

Tiene especial importancia la correcta utilización de un aislamiento térmico adecuado, eliminando los puentes térmicos, para evitar las pérdidas de las ganancias solares obtenidas por los sistemas pasivos.

En el resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente, por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas. Estas protecciones serían necesarias los mediodías de mayo, junio, octubre y noviembre y, durante todo el día, los meses de julio agosto y septiembre.

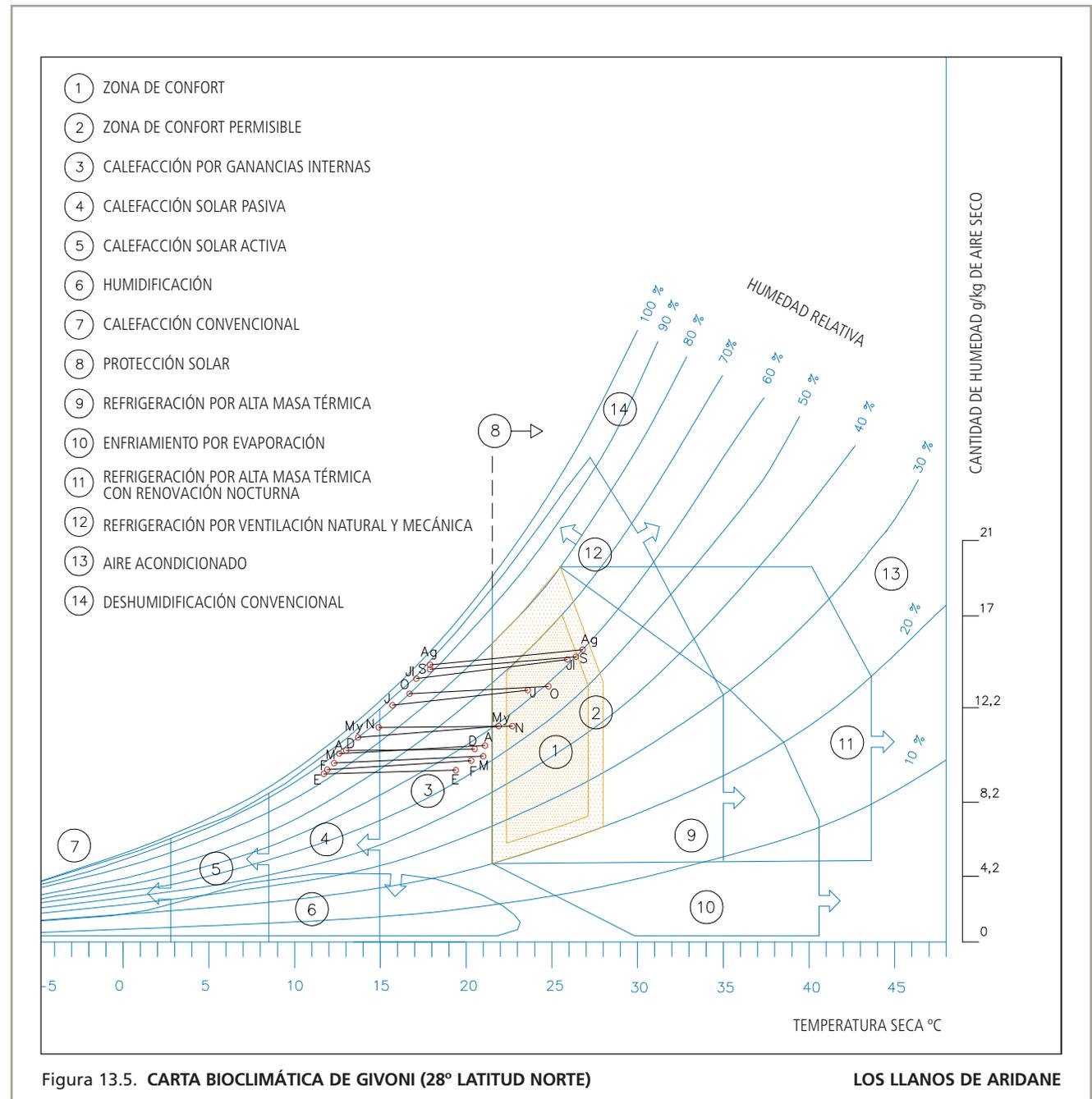


Figura 13.5. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

LOS LLANOS DE ARIDANE

Breña Alta. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno, con temperaturas medias mínimas superiores a los 14°C y medias de las máximas superiores a los 19°C en los meses más fríos (diciembre, enero y febrero) de modo que, durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de marzo, abril, mayo y noviembre, aún más suaves, ocurre algo similar con temperaturas medias mínimas superiores a los 14,7°C y máximas en torno a los 21,6°C y para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar en sombra durante las horas de medio día. En el resto de las horas del día es suficiente la radiación solar para la obtención del bienestar.

En junio, julio, agosto, septiembre y octubre hay que permanecer a la sombra ya que se alcanzan temperaturas medias máximas superiores a los 23,3°C.

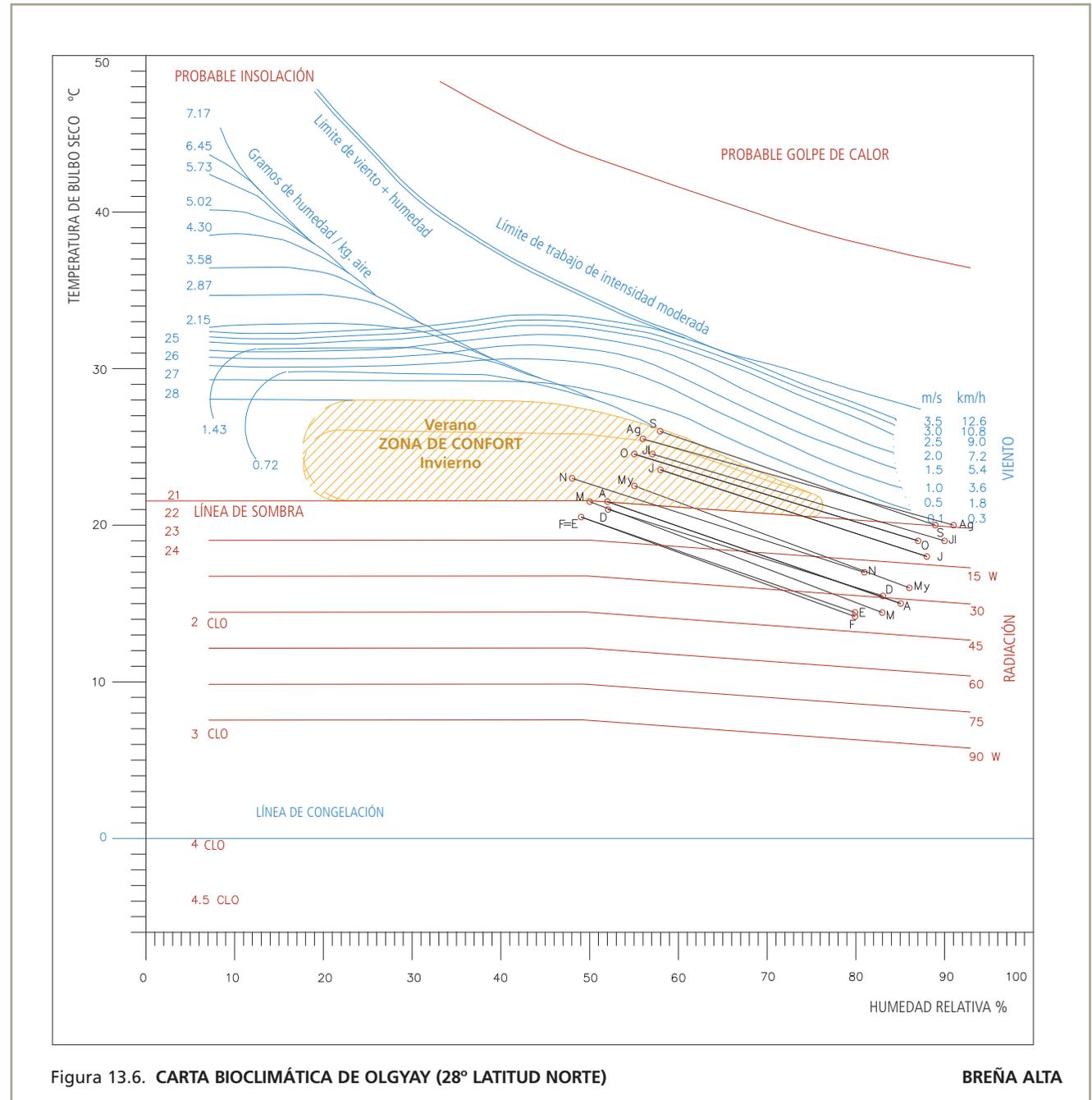


Figura 13.6. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

BREÑA ALTA

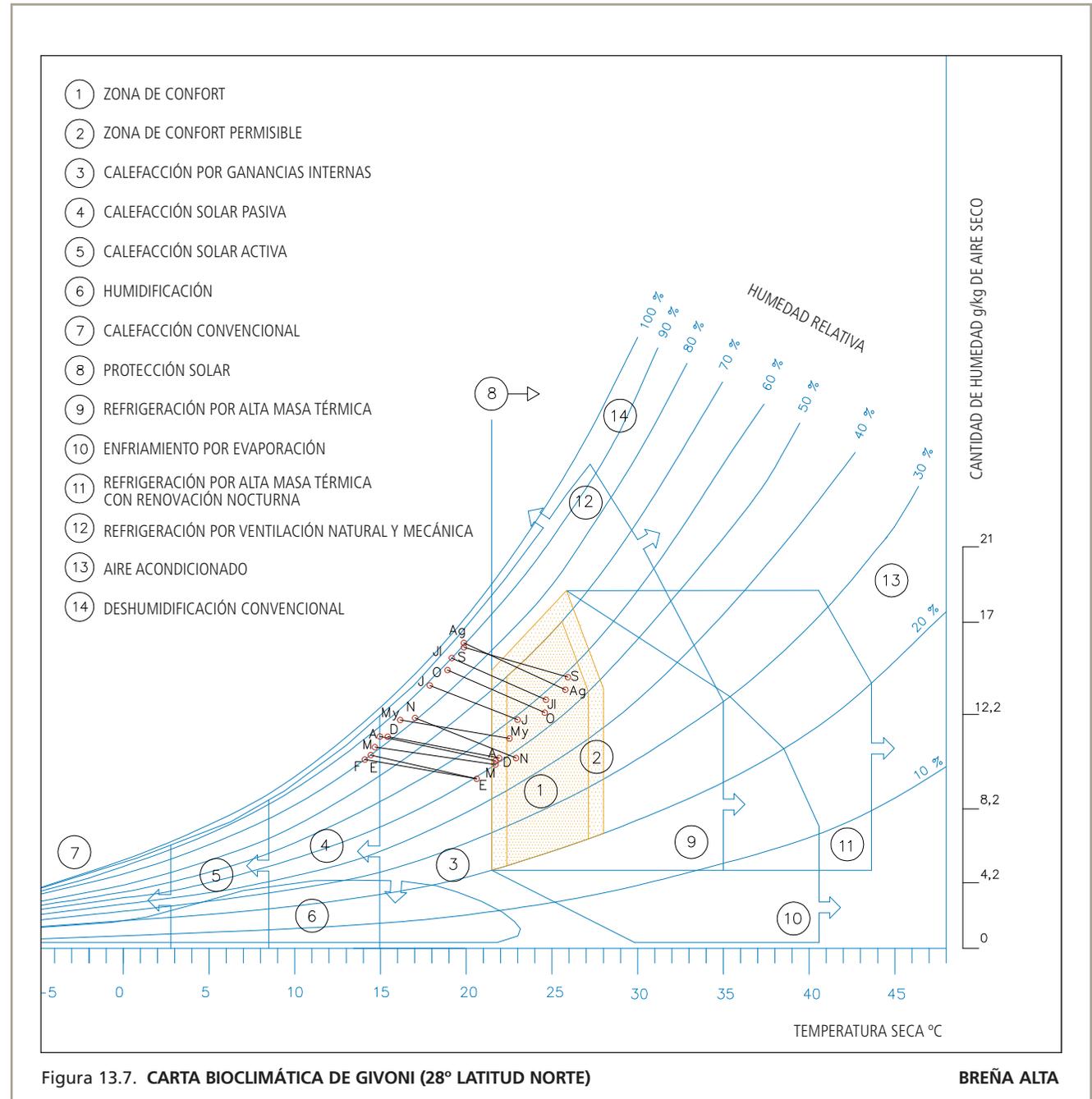
Breña Alta. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de enero, febrero, marzo y abril, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de unas 6 a 9 h.

Tiene especial importancia la correcta utilización de un aislamiento térmico adecuado, eliminando los puentes térmicos, para evitar las pérdidas de las ganancias solares obtenidas por los sistemas pasivos.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones solares se necesitarán los mediodías de noviembre, diciembre, marzo, abril, mayo y junio y durante todo el día en julio, agosto, septiembre y octubre.



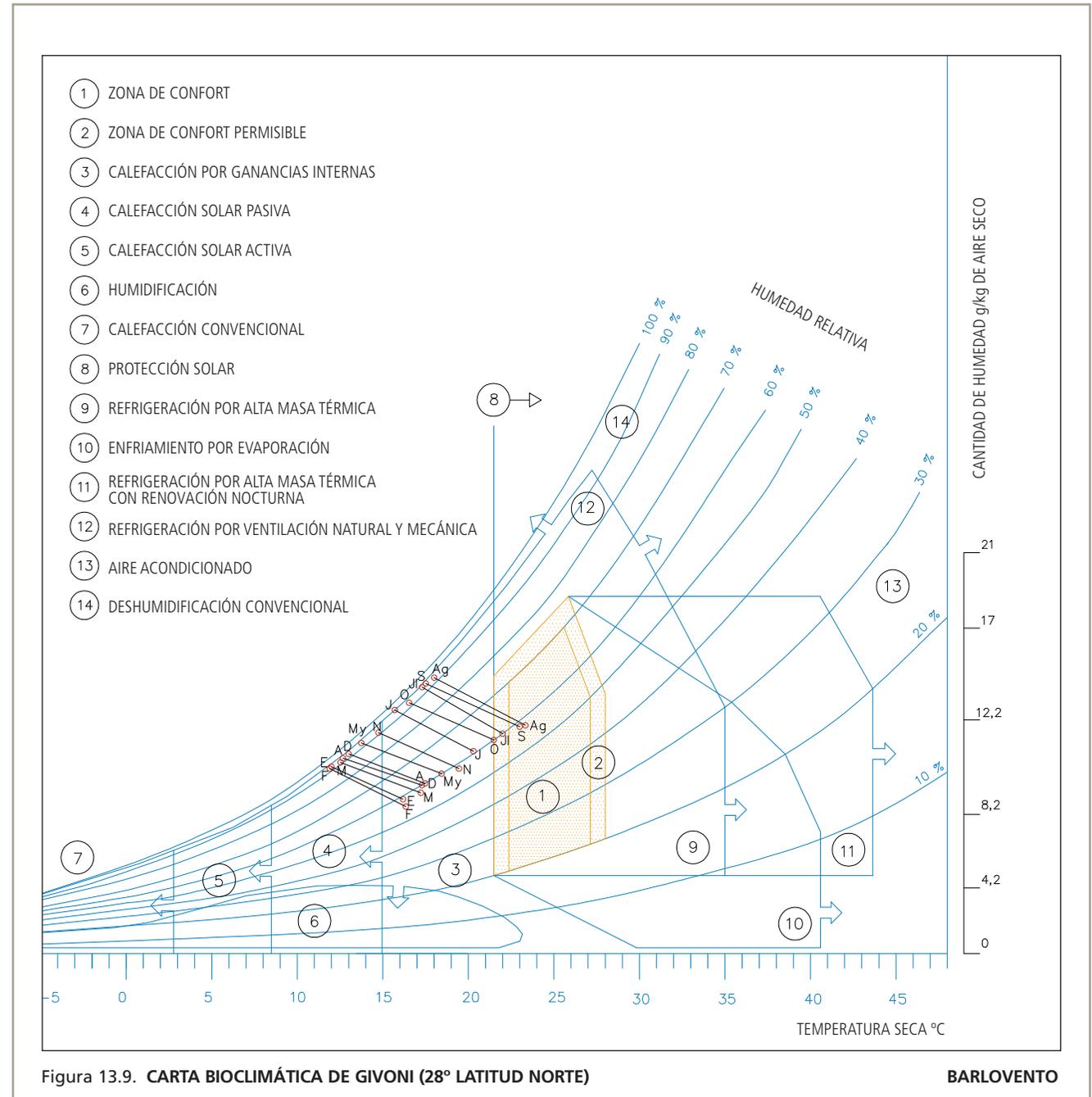
Barlovento. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 9 a 12 h.

Tiene especial importancia la correcta utilización de un aislamiento térmico adecuado, eliminando los puentes térmicos, para evitar las pérdidas de las ganancias solares obtenidas por los sistemas pasivos.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones solares se necesitarán los mediodías de julio y octubre y durante todo el día en agosto y septiembre.



EL HIERRO

Frontera. Carta Bioclimática de Olgyay

El invierno es muy benigno, con temperaturas medias mínimas superiores a los 15,3°C y medias máximas superiores a 21,4°C en los meses más fríos (enero y febrero) de modo que, durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort. También es necesario estar a la sombra las horas centrales del día.

Durante los meses de diciembre, marzo y abril, aún más suaves, ocurre algo similar, con temperaturas medias mínimas por encima de los 15,7°C y máximas alrededor de los 22°C, y se necesitará igualmente estar a la sombra, en las horas centrales del día.

En mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, para alcanzar el confort, es necesario estar a la sombra prácticamente todo el día, ya que se alcanzan temperaturas superiores a los 24°C y humedades por encima del 62% de mínima.

Durante los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre, además de estar a la sombra, se necesitará una velocidad del aire entre 0,5 y 1,5 m/s para estar en confort.

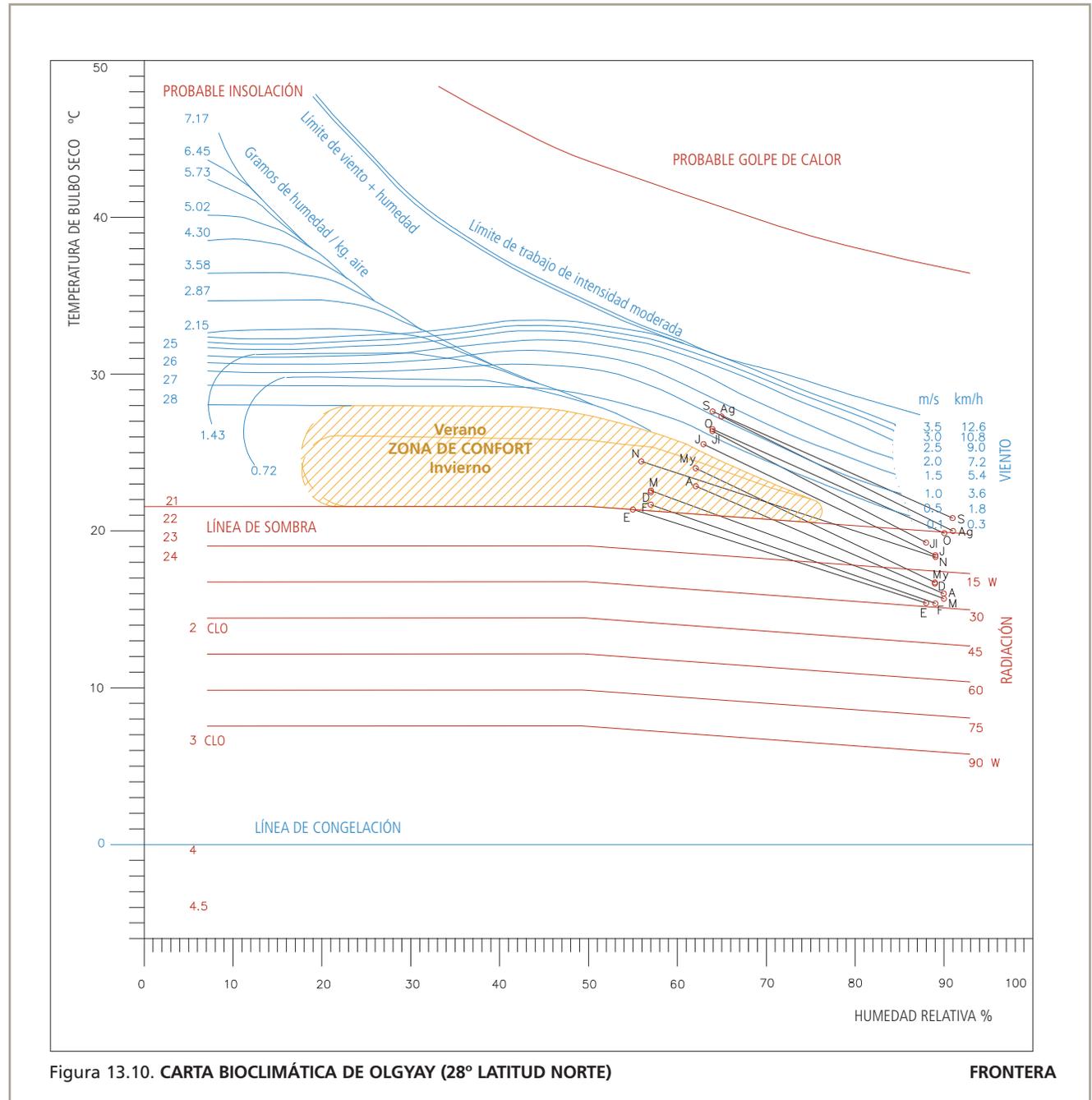


Figura 13.10. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY (28° LATITUD NORTE)

FRONTERA

Frontera. Carta Bioclimática de Givoni

Una adecuada inercia térmica unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort durante los meses más cálidos del año (agosto y septiembre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica superior a 9 h.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por las ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos, con unas protecciones solares adecuadas.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

Las protecciones solares en este caso serán necesarias todos los meses del año.

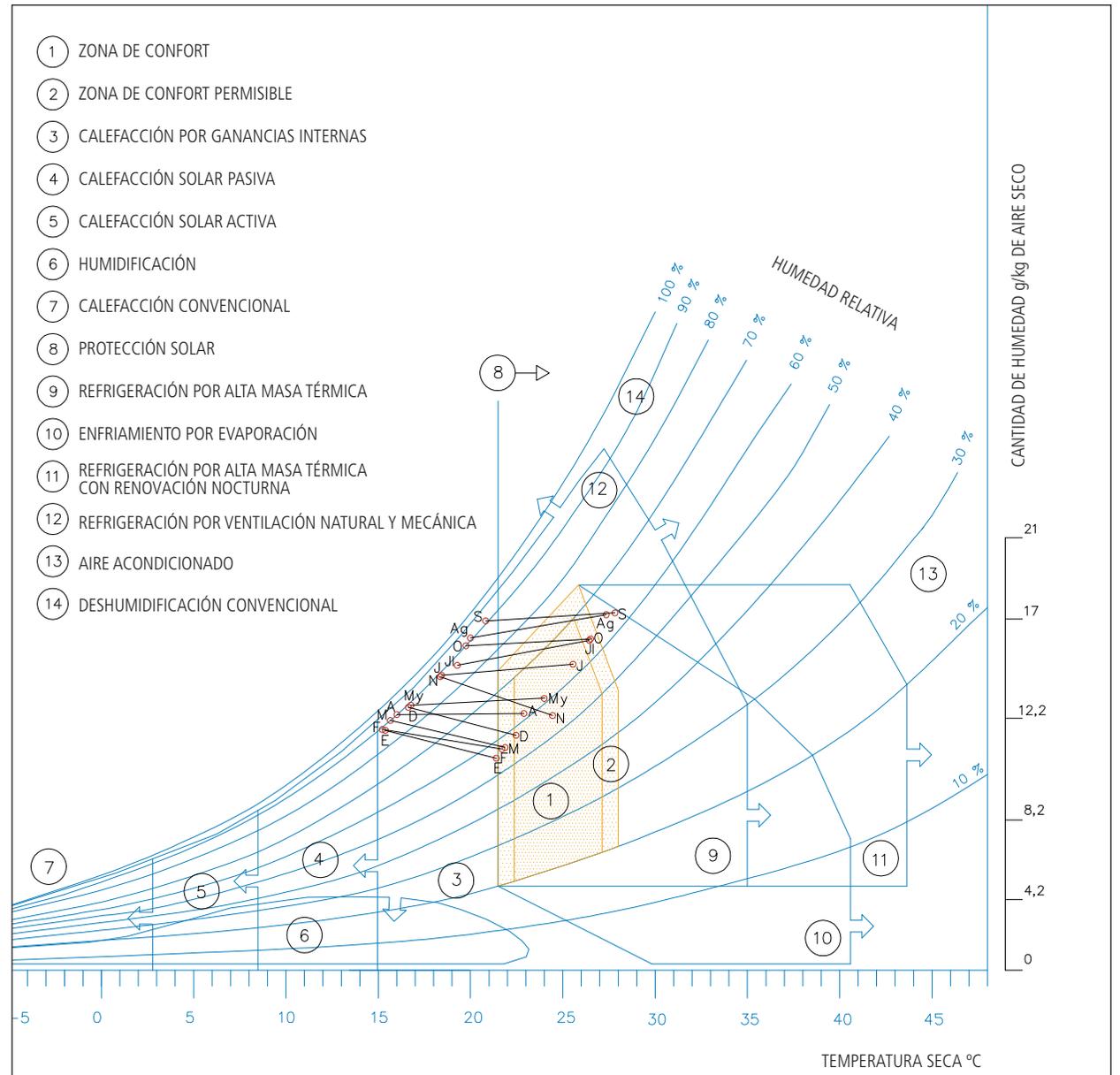


Figura 13.11. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

FRONTERA

La Restinga. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno con temperaturas medias mínimas superiores a los 15,6°C y medias de las máximas superiores a los 22°C en los meses más fríos (enero y febrero), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort; incluso se necesitaría estar a la sombra a mediodía para estar en condiciones de confort.

El resto del año, para alcanzar el confort hay que permanecer a la sombra prácticamente todo el día, ya que se alcanzan temperaturas medias máximas entre 23°C y 28°C.

Durante los meses de mayo, junio y noviembre se necesitará, además de la sombra, una velocidad de aire durante casi todo el día de 0,1 a 1 m/s.

En julio, agosto, septiembre y octubre se podrían alcanzar temperaturas máximas absolutas en torno a los 33,5°C, por lo que se necesitarán velocidades del aire de hasta 2,5 m/s, velocidad perfectamente tolerable para actividades al aire libre.

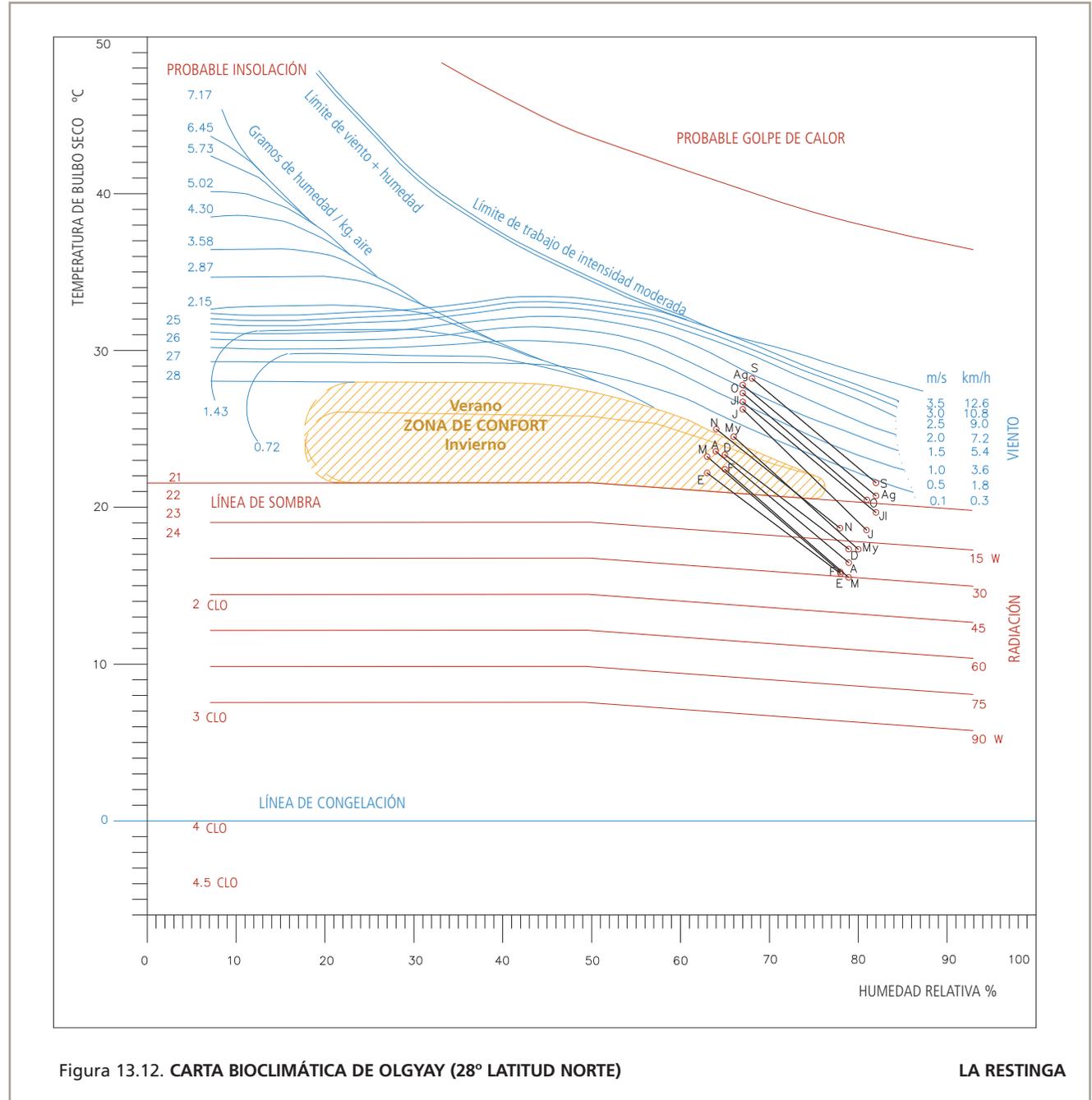


Figura 13.12. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

LA RESTINGA

La Restinga. Carta Bioclimática de Givoni

Durante todo el año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con unas protecciones solares adecuadas. Estas protecciones solares serán necesarias durante todo el día durante todo el año, si bien en enero y febrero sólo serán necesarias en las horas centrales del día.

Una adecuada inercia térmica unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort interior durante los meses más cálidos y húmedos del año, (agosto, septiembre y octubre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica superior a 9 h.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

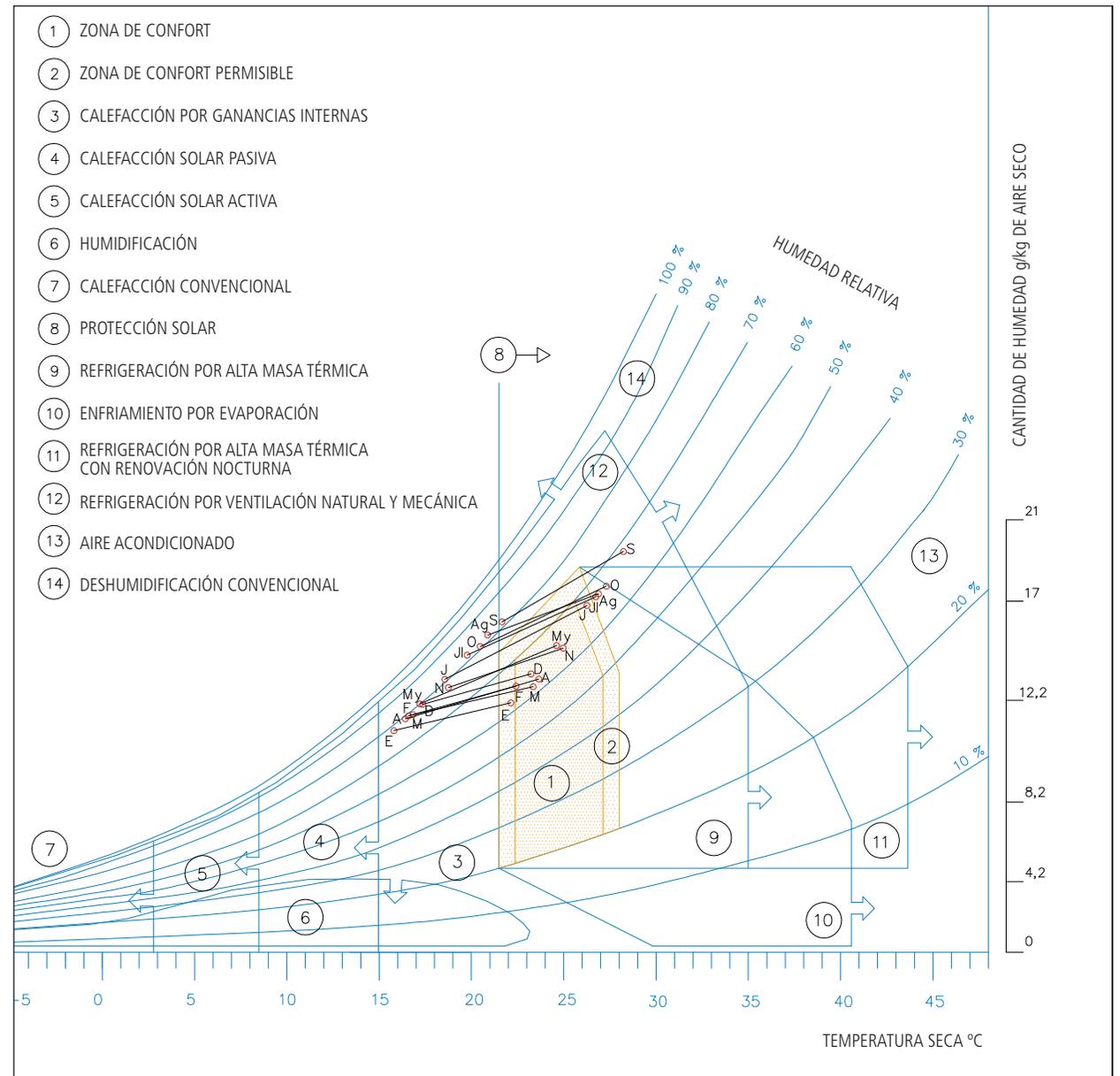


Figura 13.13. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

LA RESTINGA

Valverde. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es moderadamente benigno, con temperaturas medias mínimas superiores a 11,7°C y medias de las máximas superiores a 15,9°C en los meses más fríos (enero y febrero). Durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de noviembre, diciembre, marzo y abril, mayo y junio, aún más suaves, ocurre algo similar, con temperaturas medias mínimas superiores a los 12,5°C y máximas en torno a los 17-20°C.

En los meses de julio y octubre, para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar a la sombra a mediodía. El resto de las horas del día, es suficiente la radiación solar para la obtención de bienestar.

En agosto y septiembre se debe estar a la sombra todo el día ya que se alcanzan temperaturas superiores a los 22-23°C.

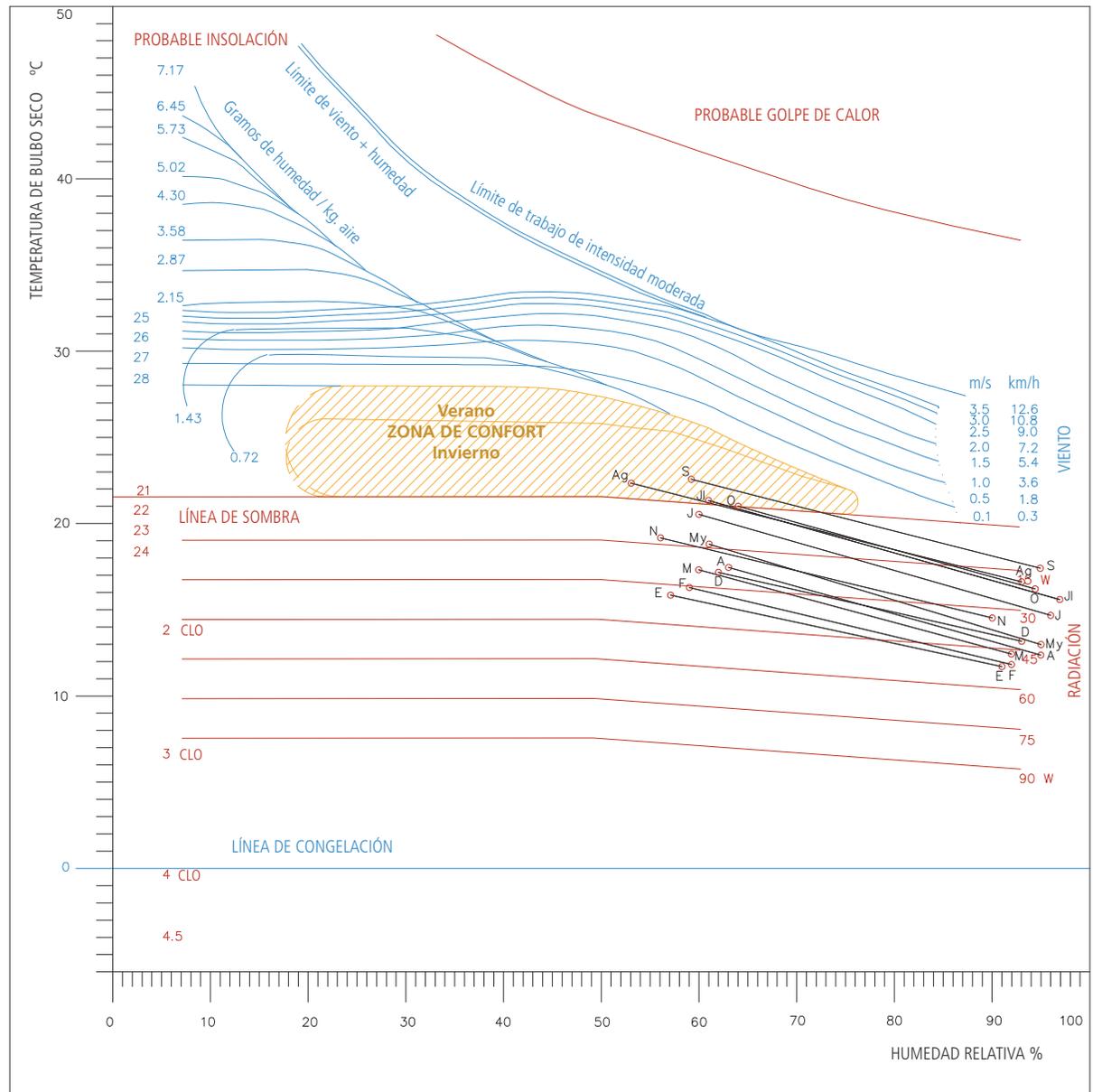


Figura 13.14. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

VALVERDE

Valverde. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 9 a 12 h.

Tiene especial importancia la correcta utilización de un aislamiento térmico adecuado, eliminando los puentes térmicos, para evitar las pérdidas de las ganancias solares obtenidas por los sistemas pasivos.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones solares se necesitarán los mediodías de agosto y septiembre.

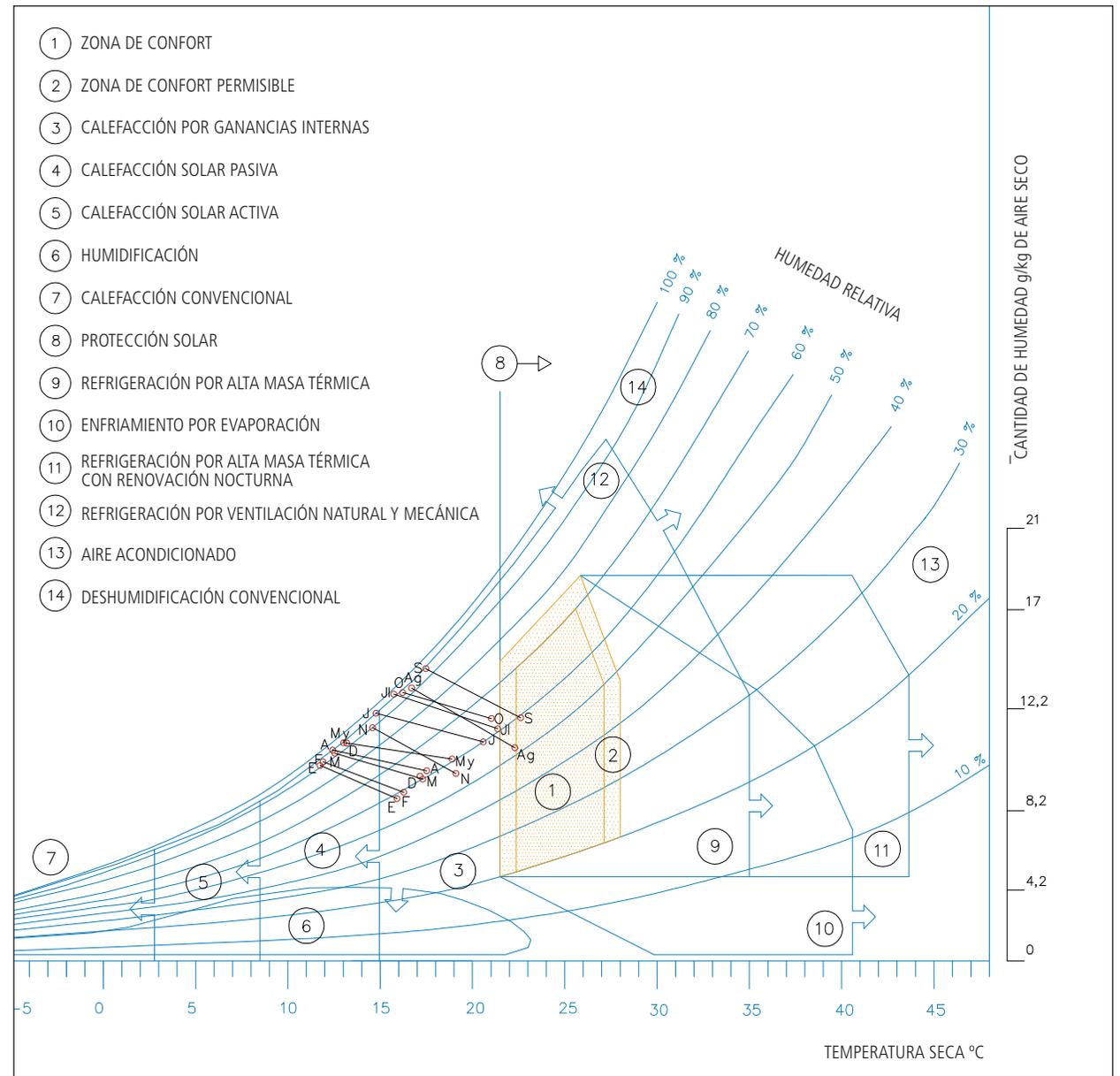


Figura 13.15. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

VALVERDE

LA GOMERA

San Sebastián de La Gomera. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es benigno, con temperaturas medias mínimas superiores a los 13,6°C y medias de las máximas superiores a los 20,2°C en los meses más fríos (diciembre, enero y febrero) de modo que, durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de marzo, abril y mayo, aún más suaves, ocurre algo similar con temperaturas medias mínimas superiores a los 15°C y máximas en torno a los 21,5°C, y para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar a la sombra durante las horas de mediodía. En el resto de las horas del día es suficiente la radiación solar para la obtención del bienestar.

En junio, julio, octubre y noviembre hay que permanecer a la sombra casi todo el día ya que se alcanzan temperaturas medias máximas superiores a los 24,2°C.

En agosto y septiembre se necesitaría además de la sombra, una velocidad del aire de 0,1 m/s.

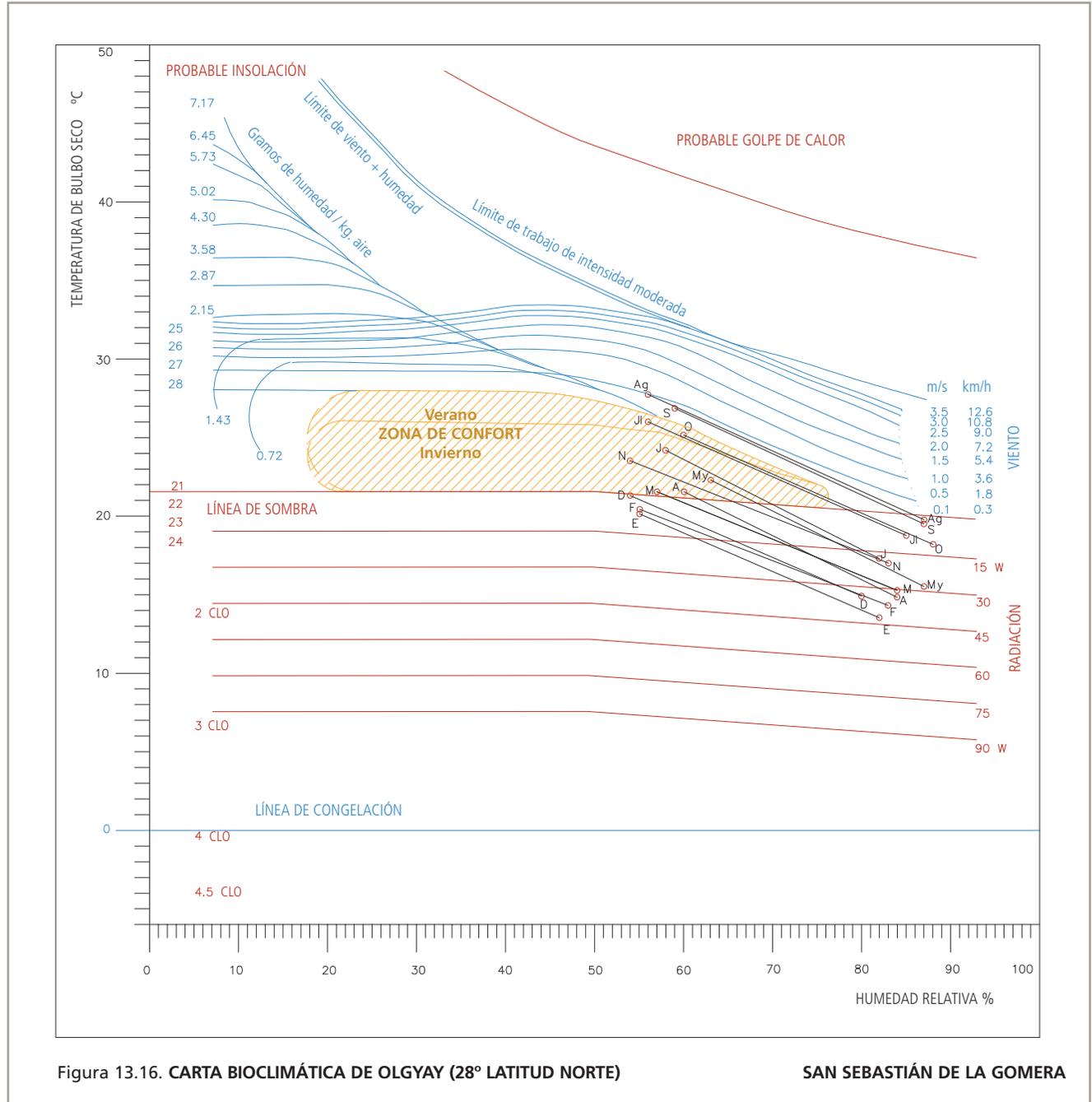


Figura 13.16. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

SAN SEBASTIÁN DE LA GOMERA

San Sebastián de La Gomera. Carta Bioclimática de Givoni

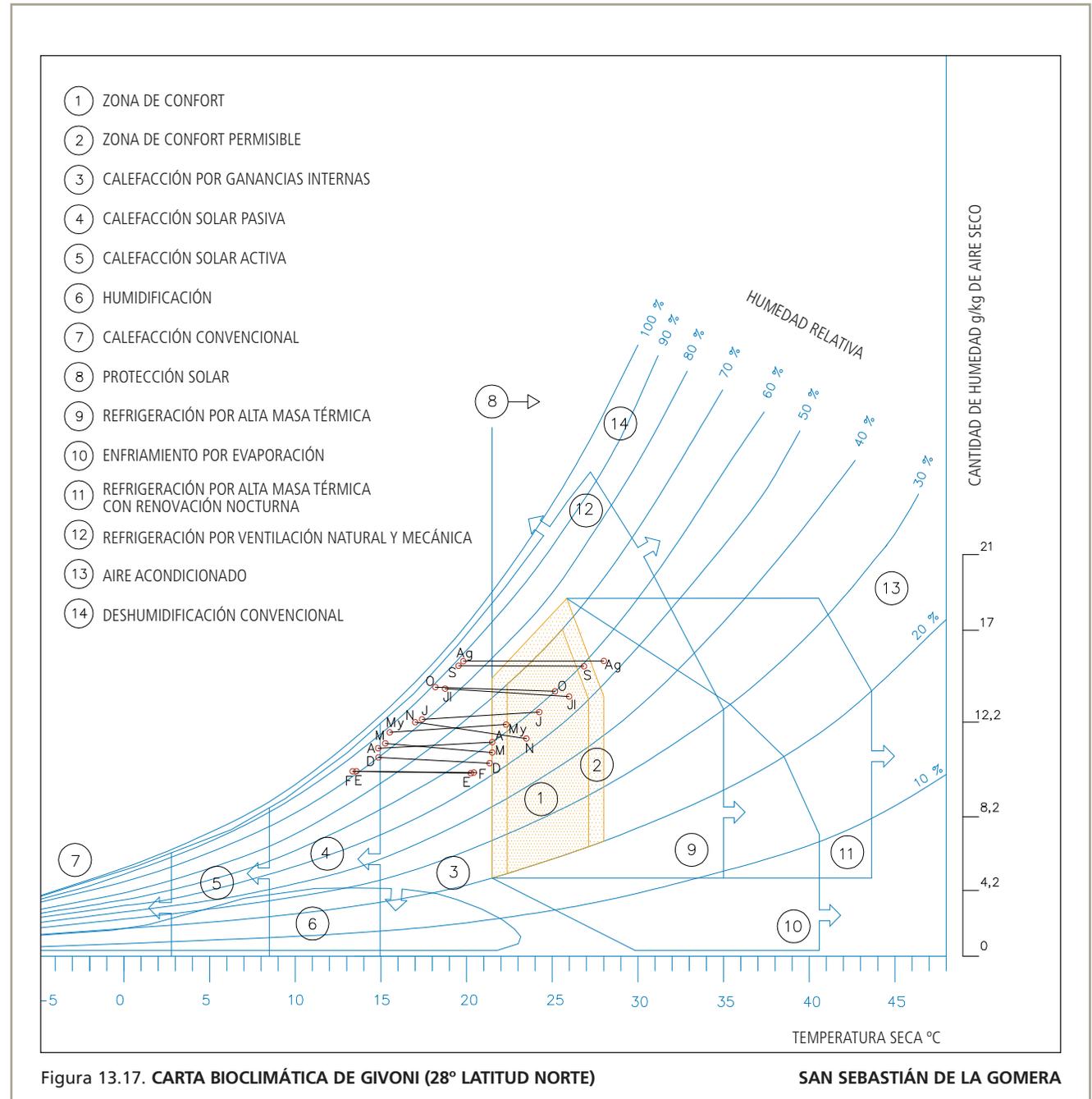
Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de diciembre, enero, febrero y abril, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 9 h.

Tiene especial importancia la correcta utilización de un aislamiento térmico adecuado, eliminando los puentes térmicos, para evitar las pérdidas de las ganancias solares obtenidas por los sistemas pasivos.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones solares se necesitarán los mediodías de noviembre, marzo, abril y mayo y durante todo el día en junio, julio, septiembre y octubre.

En el mes de agosto, además de estar a la sombra durante todo el día, se necesitarán la inercia térmica del edificio y una adecuada ventilación para estar en confort.



Valle Gran Rey. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es benigno, con temperaturas medias mínimas superiores a los 13,2°C y medias de las máximas superiores a los 19,9°C en los meses más fríos (diciembre, enero y febrero) de modo que, durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de marzo, abril y mayo, aún más suaves, ocurre algo similar con temperaturas medias mínimas superiores a los 14,4°C y máximas en torno a los 21,4°C, y para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar a la sombra durante las horas de mediodía. En el resto de las horas del día es suficiente la radiación solar para la obtención del bienestar.

En octubre y noviembre hay que poder permanecer a la sombra casi todo el día ya que se alcanzan temperaturas medias máximas superiores a los 24,3°C.

En junio, julio, agosto y septiembre se necesitaría, además de la sombra, una velocidad del aire de 0,1 a 1,5 m/s para estar en confort.

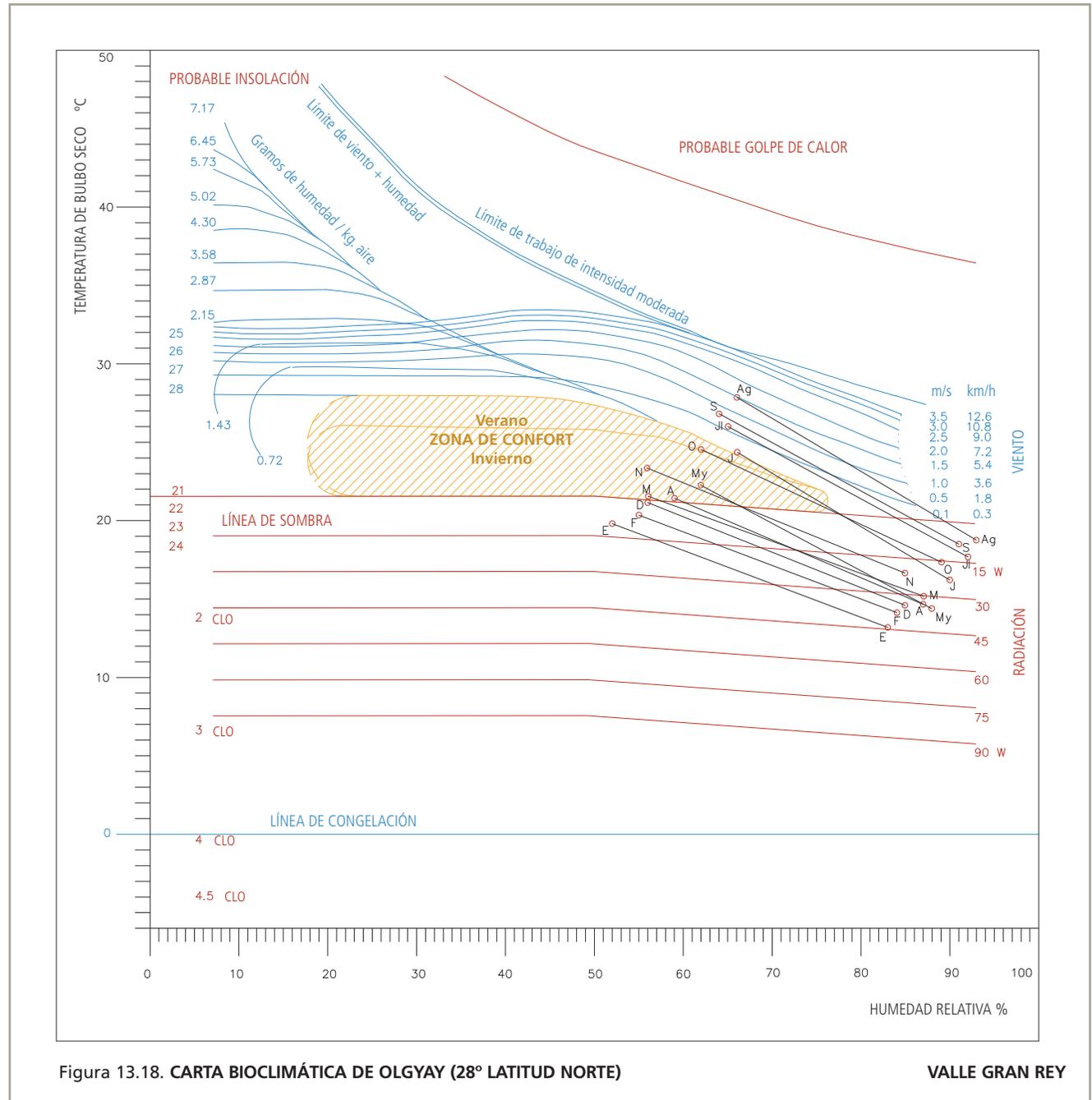


Figura 13.18. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

VALLE GRAN REY

Valle Gran Rey. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de diciembre, enero, febrero, abril y mayo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 9 a 12 h.

Tiene especial importancia la correcta utilización de un aislamiento térmico adecuado, eliminando los puentes térmicos, para evitar las pérdidas de las ganancias solares obtenidas por los sistemas pasivos.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones solares se necesitarán los mediodías de noviembre, marzo, abril y mayo y durante todo el día en junio, julio y octubre.

En agosto y septiembre se necesitará, además, aprovechar la inercia térmica de la edificación y una adecuada ventilación.

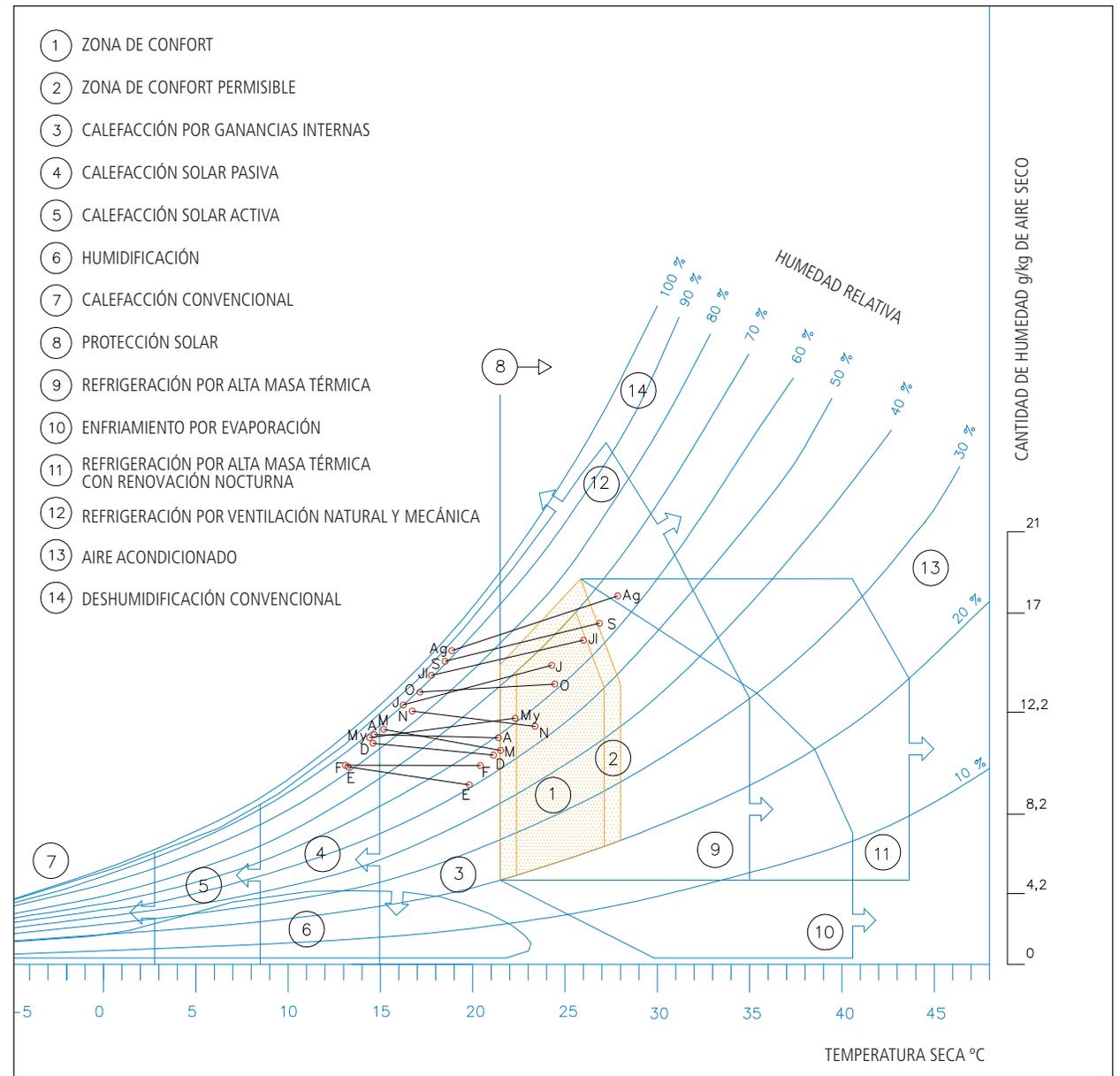


Figura 13.19. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

VALLE GRAN REY

Agulo. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es benigno, con temperaturas medias mínimas superiores a los 14,1°C y medias de las máximas superiores a los 20,1°C en los meses más fríos (enero y febrero) de modo que, durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de diciembre, marzo, abril y mayo, aún más suaves, ocurre algo similar con temperaturas medias mínimas superiores a los 15°C y máximas en torno a los 21,2°C, y para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar a la sombra durante las horas de medio día. En el resto de las horas del día es suficiente la radiación solar para la obtención del bienestar.

En junio y noviembre hay que permanecer a la sombra casi todo el día ya que se alcanzan temperaturas medias máximas superiores a los 23°C.

En julio, agosto, septiembre y octubre se necesitaría, además de la sombra, una velocidad del aire de 0,1 a 1,5 m/s.

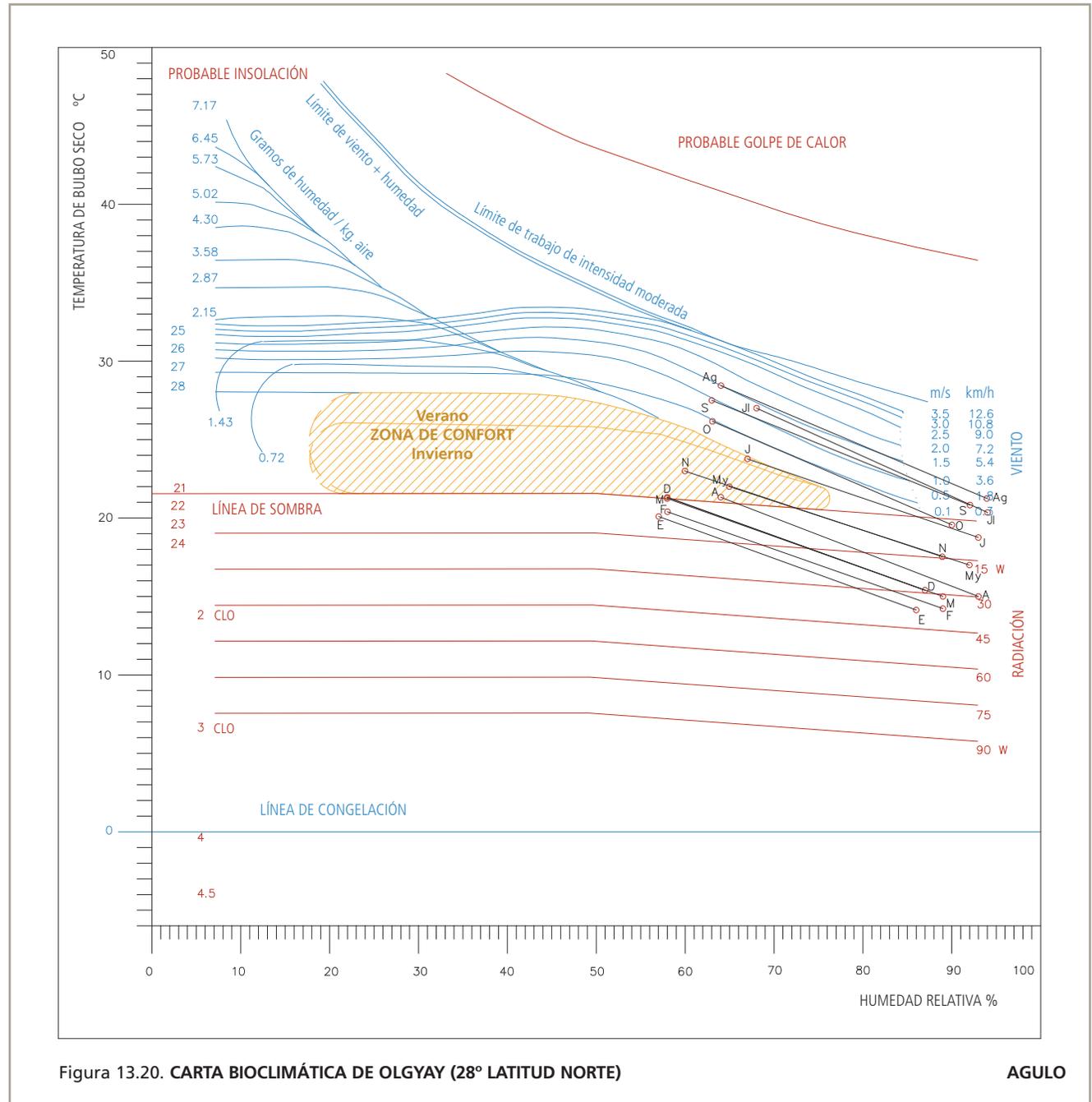


Figura 13.20. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

AGULO

Agulo. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de enero, febrero, marzo y abril, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 9 a 12 h.

Tiene especial importancia la correcta utilización de un aislamiento térmico adecuado, eliminando los puentes térmicos, para evitar las pérdidas de las ganancias solares obtenidas por los sistemas pasivos.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones solares se necesitarán los mediodías de noviembre, abril y mayo y durante todo el día en junio y octubre.

En julio, agosto y septiembre se necesitará, además, aprovechar la inercia térmica de la edificación y una adecuada ventilación.

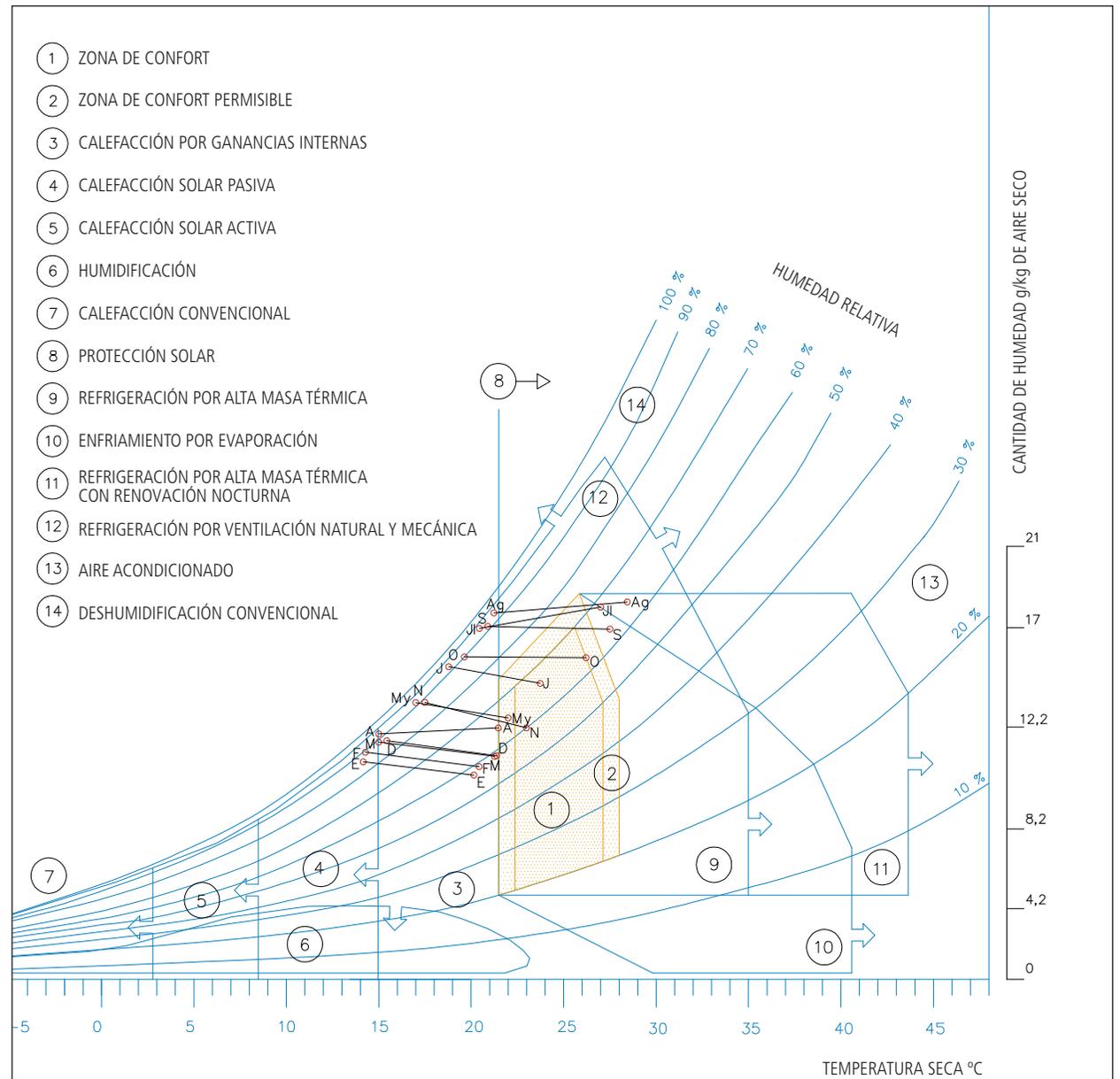


Figura 13.21. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

AGULO

FUERTEVENTURA

Corralejo. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno, con temperaturas medias mínimas superiores a los 14,1°C y medias de las máximas superiores a los 20°C en los meses más fríos (enero y febrero), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de marzo, abril y diciembre, aún más suaves, ocurre algo similar, con temperaturas medias mínimas por encima de los 15°C y máximas alrededor de 22°C. Estas últimas requieren igualmente estar a la sombra a medio día para estar en condiciones de confort.

En los meses de mayo, junio y noviembre se necesitaría, para estar en confort, estar en sombra prácticamente todo el día y una velocidad del aire de 0,1 a 1 m/s.

En julio, agosto, septiembre y octubre, para alcanzar el confort hay que permanecer a la sombra, ya que se alcanzan temperaturas medias máximas entre 25°C y 28,5°C, necesitando además, para estar en confort,, una velocidad de aire durante casi todo el día de 2,5 a 3,5 m/s, velocidad perfectamente tolerable para actividades al aire libre.

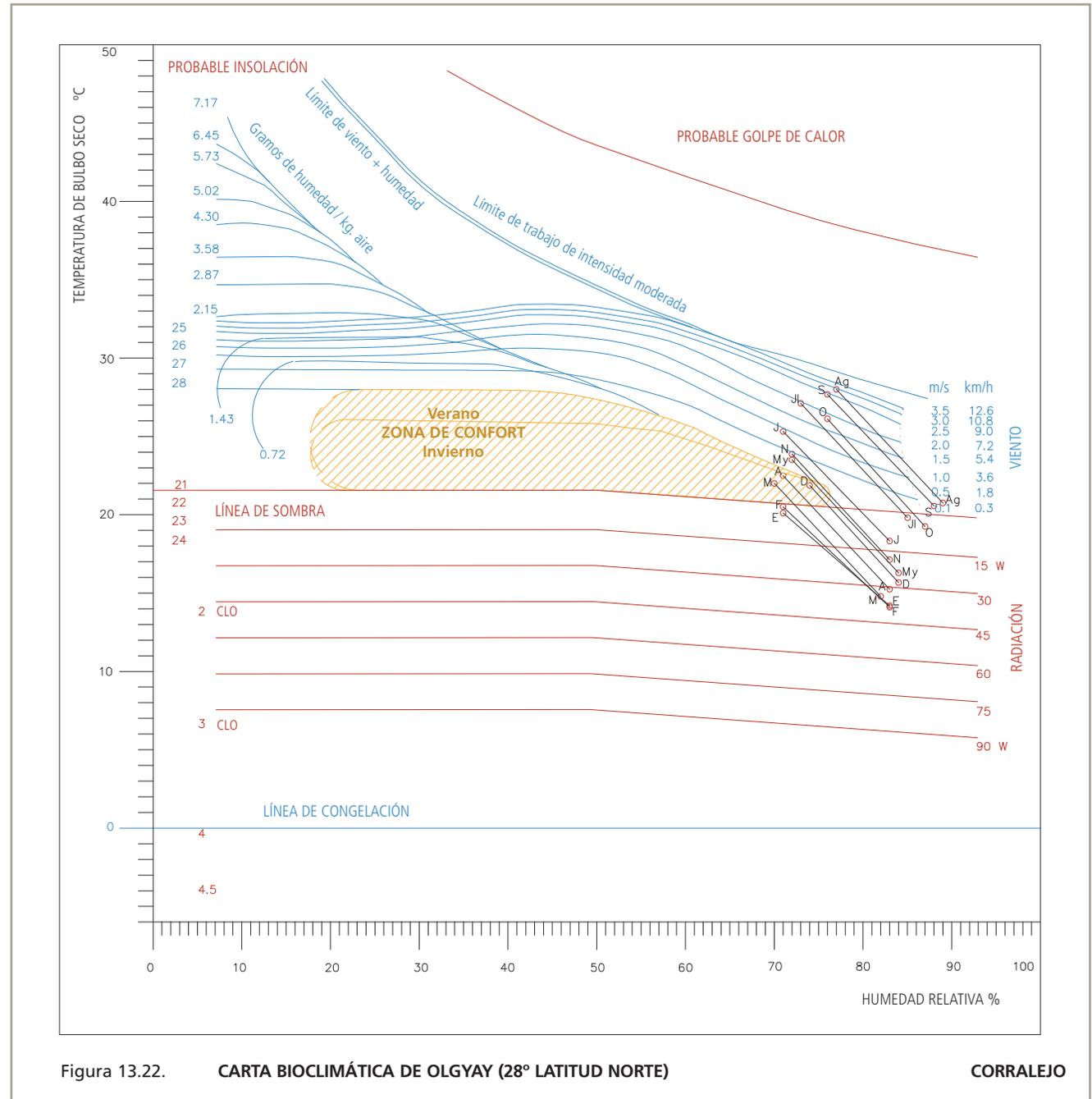


Figura 13.22. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE) CORRALEJO

Corralejo. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de enero, febrero y marzo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche.

Esta misma inercia térmica, unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort interior durante los meses más cálidos y húmedos del año, (julio, agosto, septiembre y octubre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica de 9 h.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

En el resto del año, es decir, los meses de abril, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre, en el interior de la edificación se mantendrían las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con unas protecciones solares adecuadas.

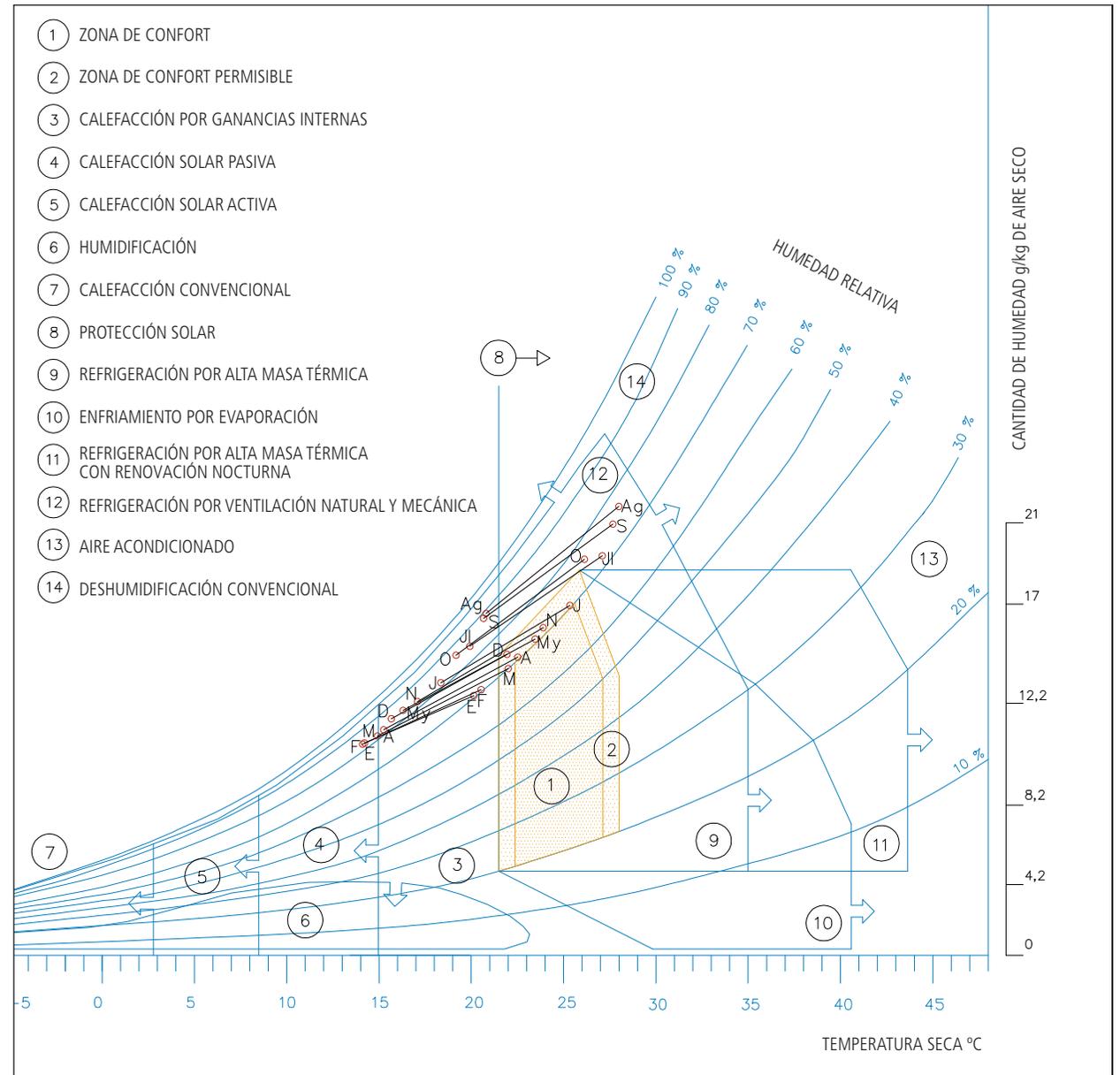


Figura 13.23. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

CORRALEJO

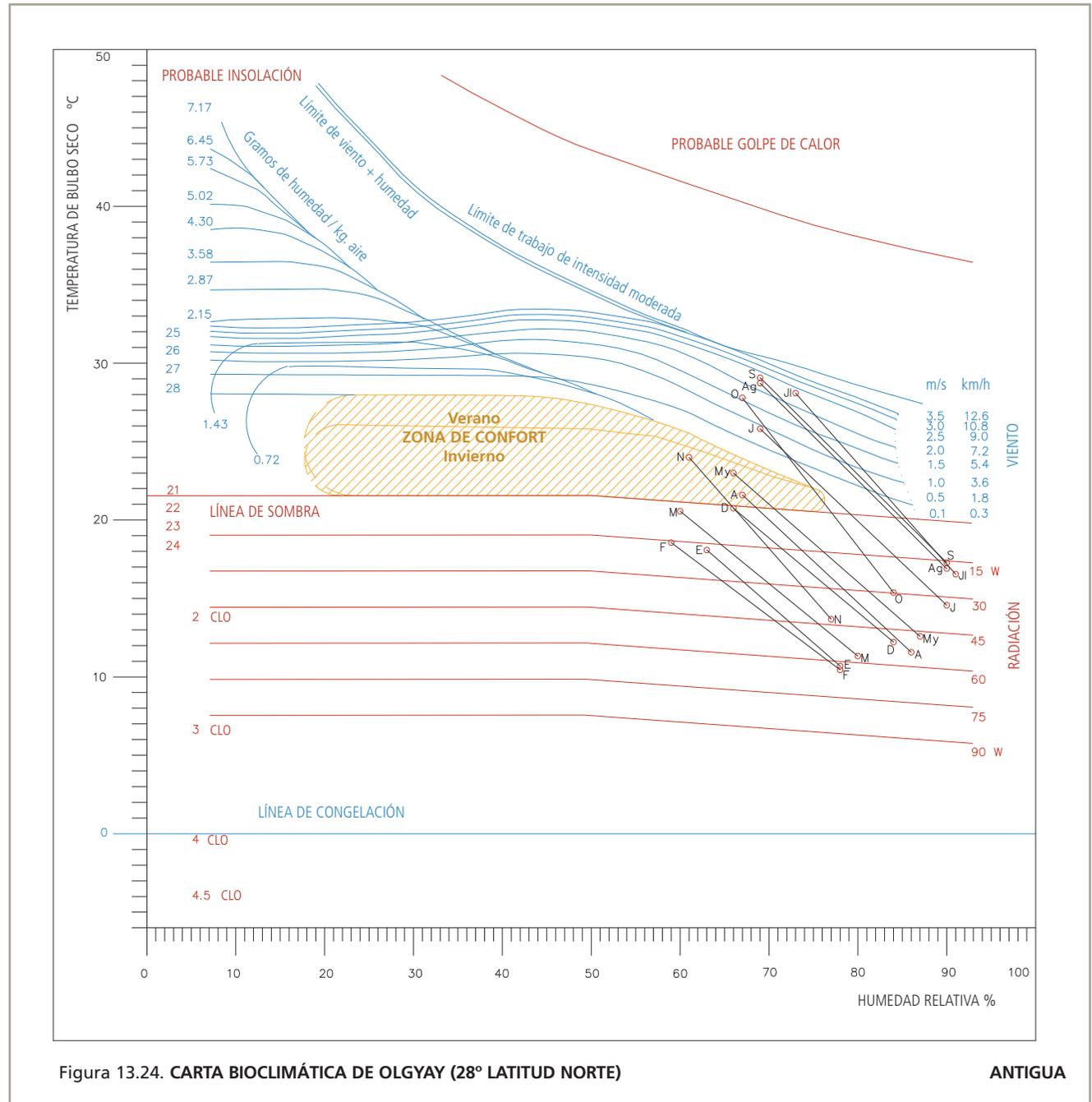
Antigua. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es moderadamente benigno, con temperaturas medias mínimas en torno a los 10,5°C y medias máximas superiores a los 18,1°C en los meses más fríos (diciembre, enero, febrero y marzo), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para estar en confort.

Durante el mes de abril, aún más suave, ocurre lo mismo, si bien se debe estar a la sombra durante las horas centrales del día.

En noviembre y mayo, se debe estar a la sombra todo el día ya que se alcanzan temperaturas superiores a los 23°C de media máxima.

Durante los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre, además de la protección solar todo el día, se necesitarán velocidades del viento entre 1 y 2,5 m/s, dadas las elevadas humedades que se registran durante estos meses que, combinadas con las altas temperaturas, se salen de la zona de confort.



Antigua. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche.

Esta misma inercia térmica, unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort interior durante los meses más cálidos y húmedos del año, (julio, agosto, septiembre y octubre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica de 9 a 12 h.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

En el resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente, por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con unas protecciones solares adecuadas.

Son necesarias las protecciones solares los mediodías de abril, mayo y noviembre y durante todo el día en junio, julio, agosto y septiembre.

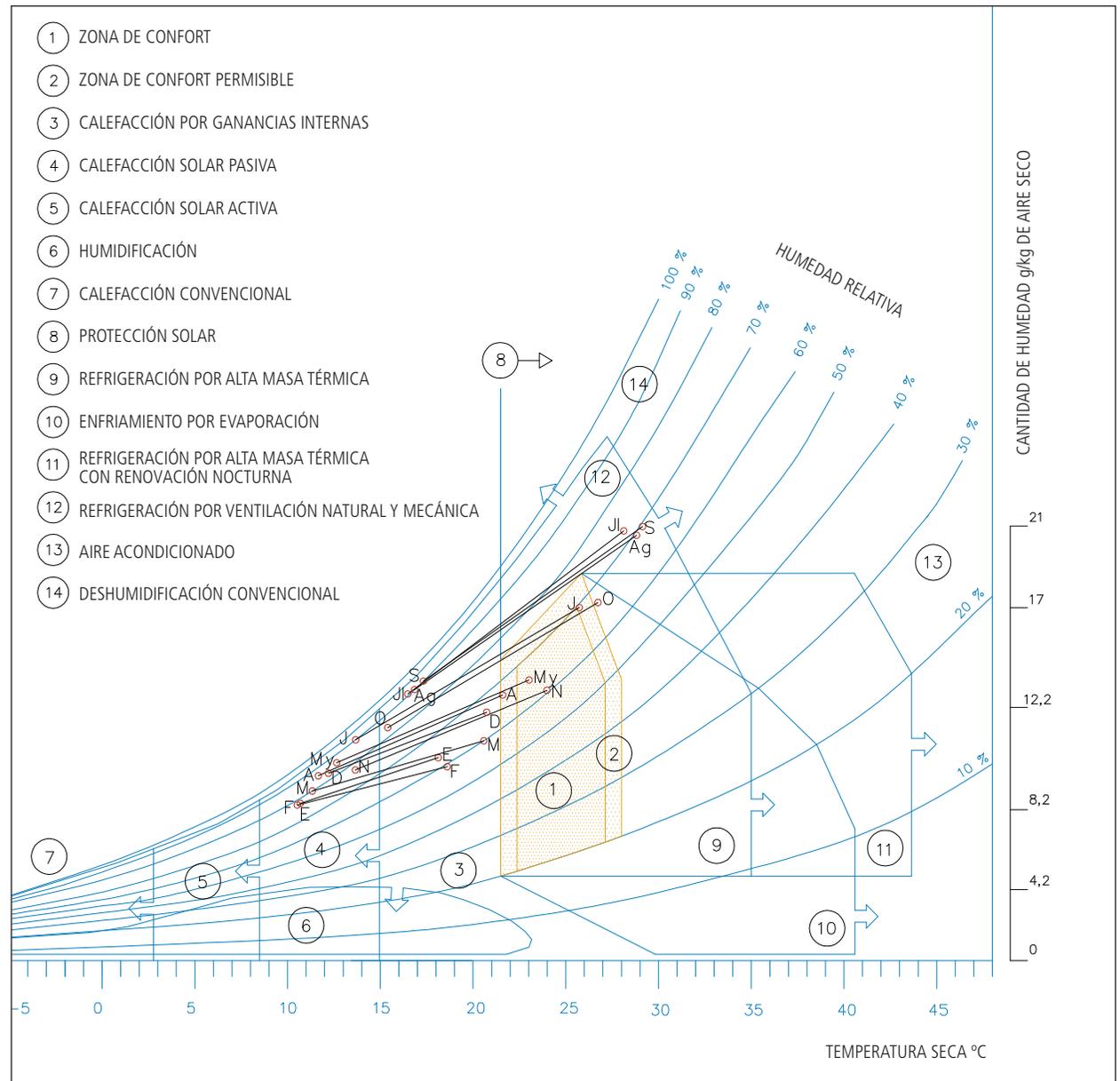


Figura 13.25. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

ANTIGUA

Puerto del Rosario. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno con temperaturas medias mínimas en torno a los 14°C y medias de las máximas superiores a los 20°C en los meses más fríos (enero y febrero), de modo que, durante el día la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de marzo, abril, mayo y diciembre, aún más suaves, se necesitaría estar a la sombra las horas centrales del día para estar en condiciones de confort. En el resto del día sería suficiente la radiación solar.

Desde junio a noviembre, para alcanzar el confort hay que permanecer a la sombra todo el día, ya que se alcanzan temperaturas medias máximas entre 24°C y 28°C.

En los mediodías de junio se necesita, además, para estar en confort,, contrarrestar la humedad con una velocidad del aire de unos 0,5 m/s.

En julio y octubre la ventilación debería alcanzar en las horas centrales del día, velocidades de 1,0 m/s y en agosto y septiembre, los meses más húmedos, de 1,7 m/s.

En algunos casos, en el mes de agosto o septiembre se podrían alcanzar temperaturas máximas absolutas en torno a los 31,5°C, por lo que se necesitarán velocidades de aire de hasta 4,5 m/s, sensación que no resulta desagradable para actividades al aire libre.

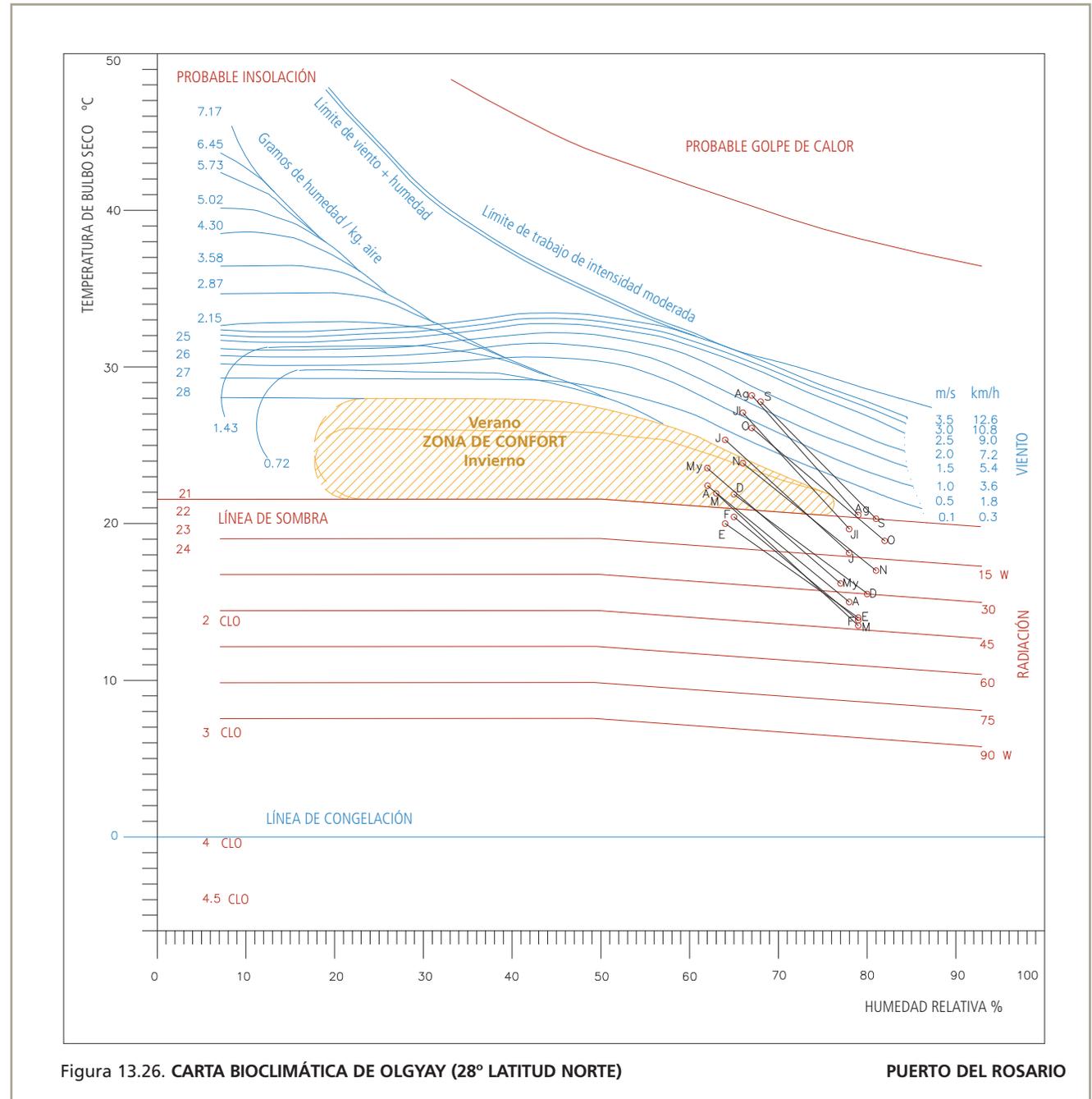


Figura 13.26. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

PUERTO DEL ROSARIO

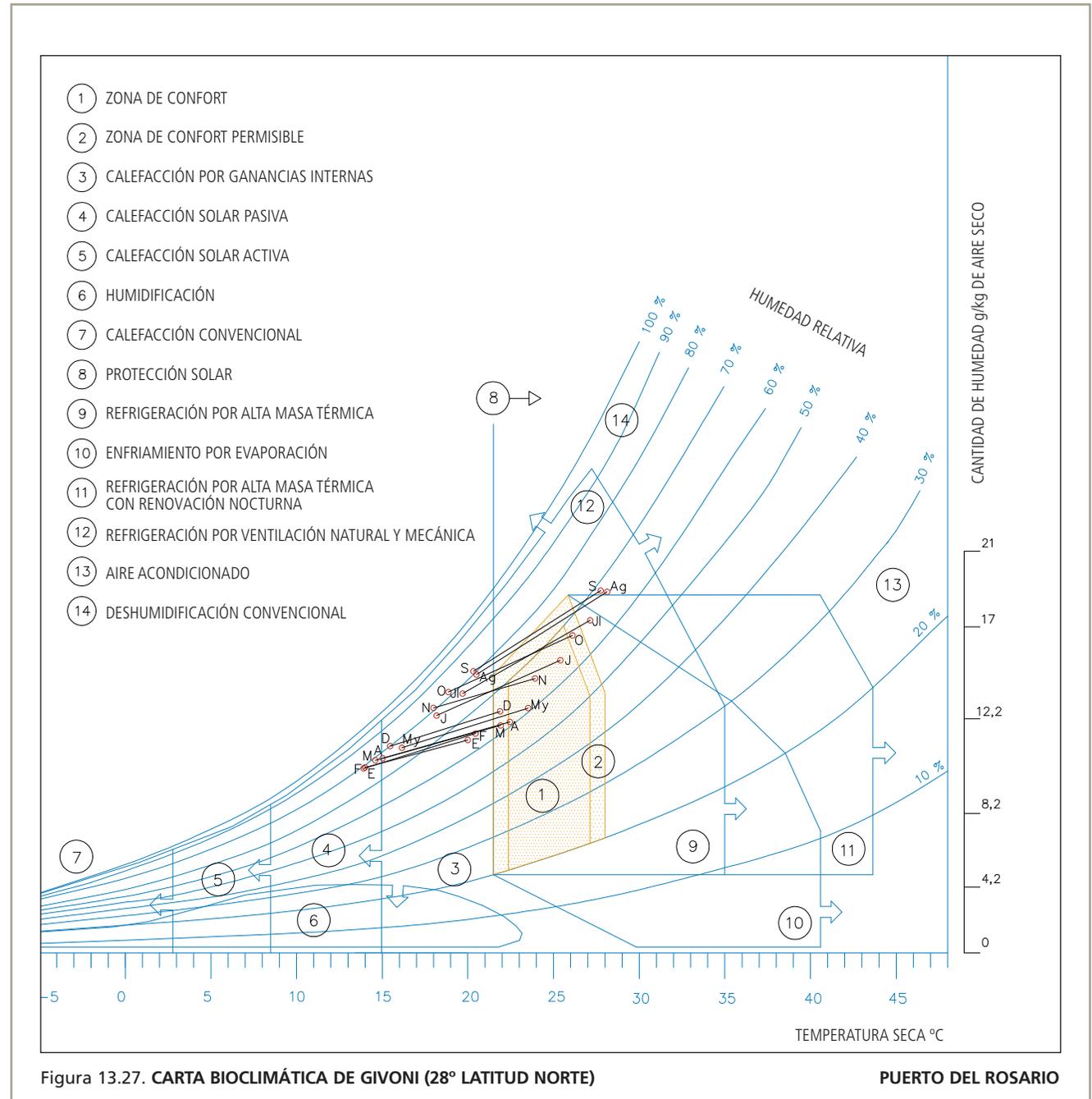
Puerto del Rosario. Carta Bioclimática de Givoni

Con las condiciones medias para la obtención del confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de enero, febrero y marzo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche.

Esta misma inercia térmica, unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort en el interior durante los meses más cálidos y húmedos del año (julio, agosto y septiembre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica superior a 9 horas. Deberán añadirse además elementos de sombra para evitar el aporte de radiación solar por los huecos de la edificación.

En el resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Se necesitan protecciones solares todo el año, excepto enero, febrero y marzo, esto es, todo el día durante los meses de junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre.



Morro Jable. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno con temperaturas medias mínimas en torno a los 14°C y medias de las máximas superiores a los 20°C en los meses más fríos (enero y febrero), de modo que, durante el día la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de marzo, abril, mayo y diciembre, aún más suaves, se necesitaría estar a la sombra las horas centrales del día para estar en condiciones de confort. En el resto del día sería suficiente la radiación solar.

Desde junio a noviembre, para alcanzar el confort hay que permanecer a la sombra todo el día, ya que se alcanzan temperaturas medias máximas entre 24°C y 28°C.

En los mediodías de junio se necesita, además, para estar en confort,, contrarrestar la humedad con una velocidad del aire de unos 0,5 m/s.

En julio y octubre la ventilación debería alcanzar en las horas centrales del día, velocidades de 1,0 m/s y en agosto y septiembre, los meses más húmedos, de 2 m/s.

En algunos casos, en el mes de agosto o septiembre se podrían alcanzar temperaturas máximas absolutas en torno a los 31,5°C, por lo que se necesitarán velocidades de aire de hasta 4,5 m/s, sensación que no resulta desagradable para actividades al aire libre.

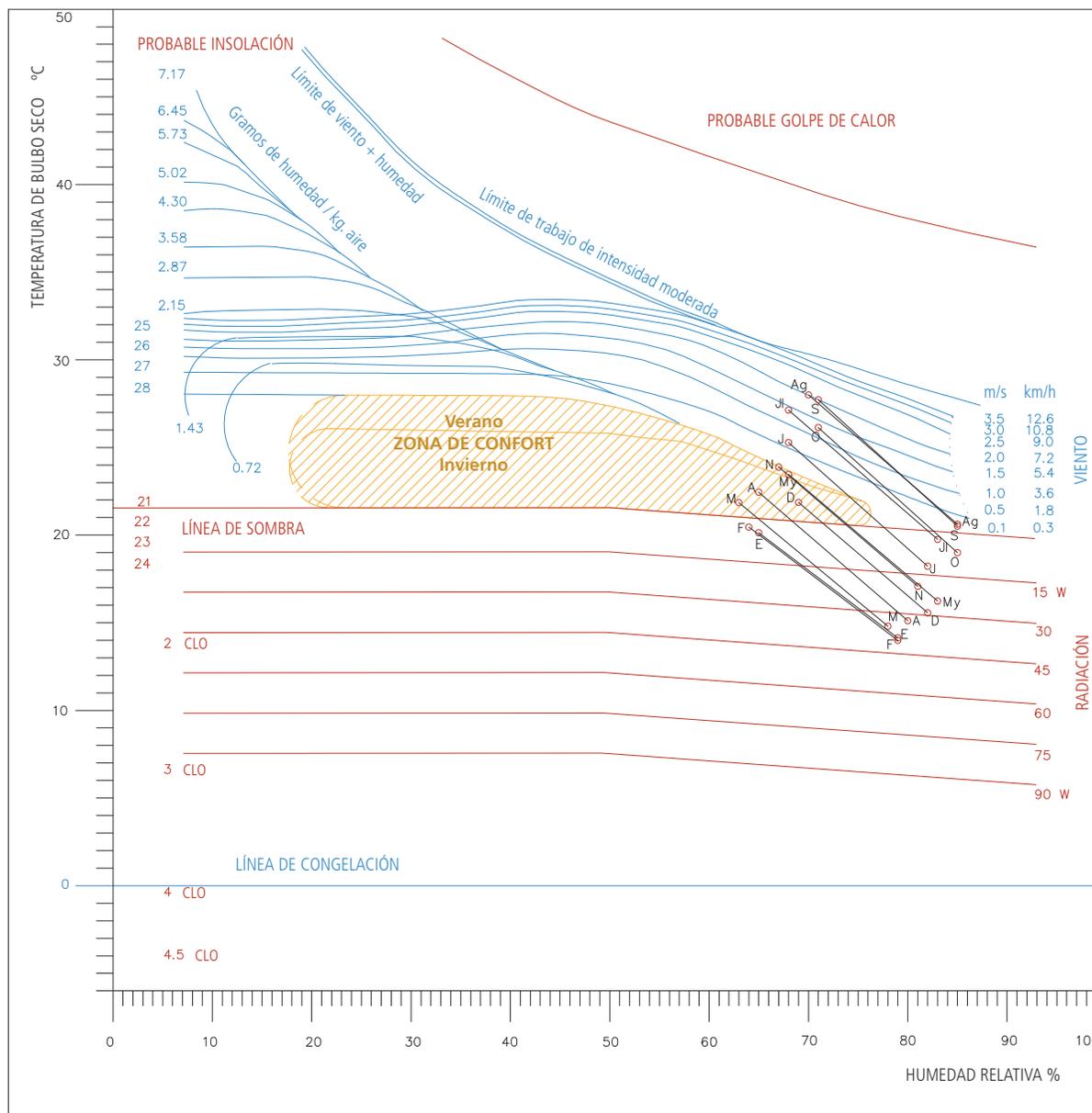


Figura 13.28. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

MORRO JABLE

Morro Jable. Carta Bioclimática de Givoni

Con las condiciones medias para la obtención del confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de enero, febrero y marzo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche.

Esta misma inercia térmica, unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort en el interior durante los meses más cálidos y húmedos del año (julio, agosto y septiembre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica superior a 9 horas. Deberán añadirse además elementos de sombra para evitar el aporte de radiación solar por los huecos de la edificación.

En el resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Estas protecciones solares serán utilizadas las horas centrales del día en los meses de noviembre, diciembre, marzo, abril y mayo y serán necesarias todo el día para los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre.

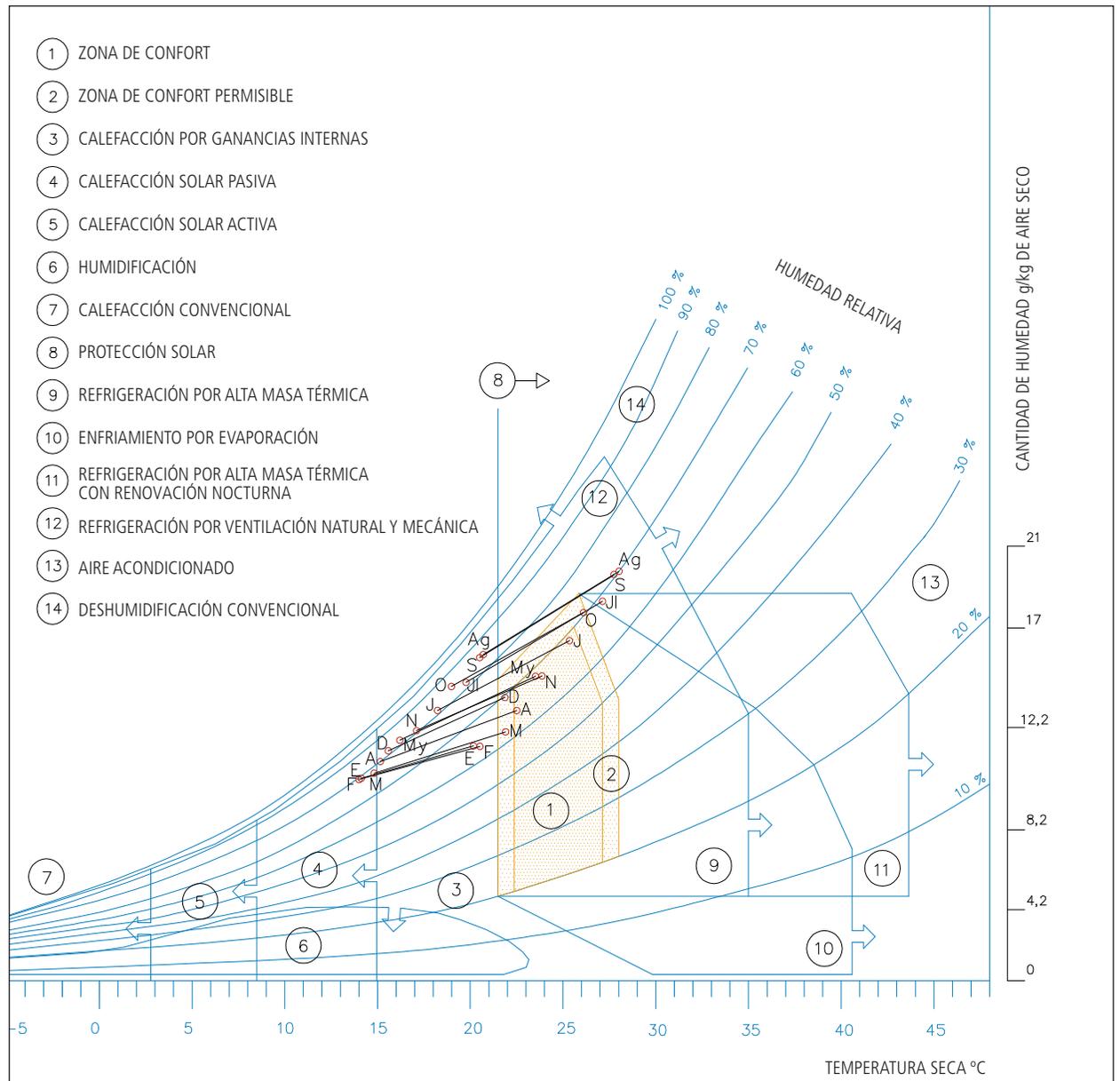


Figura 13.29. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

MORRO JABLE

LANZAROTE

Arrecife. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno, con temperaturas medias mínimas en torno a los 14°C y medias máximas superiores a los 20°C en los meses más fríos (enero y febrero), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para estar en confort.

Durante los meses de diciembre, marzo y abril, aún más suaves, ocurre lo mismo, si bien se debe estar a la sombra durante las horas centrales del día.

En noviembre, mayo y junio, se debe estar a la sombra todo el día ya que se alcanzan temperaturas superiores a los 23,5°C de media máxima.

Durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, además de la protección solar todo el día, se necesitarán velocidades del viento entre 0,1 y 1 m/s, dadas las elevadas humedades que se registran durante estos meses, que combinadas con las altas temperaturas, se salen de la zona de confort.

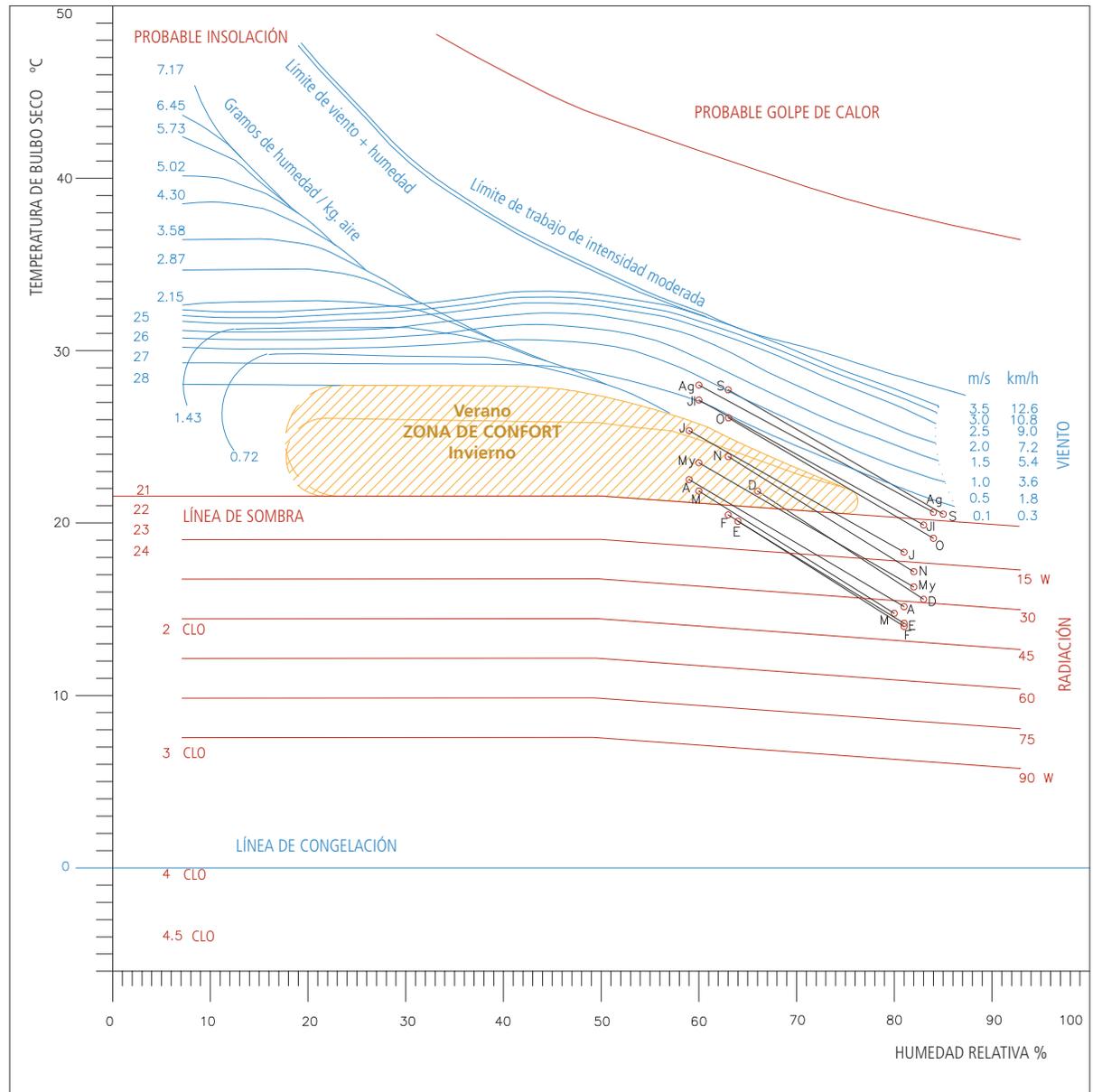


Figura 13.30. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

ARRECIFE

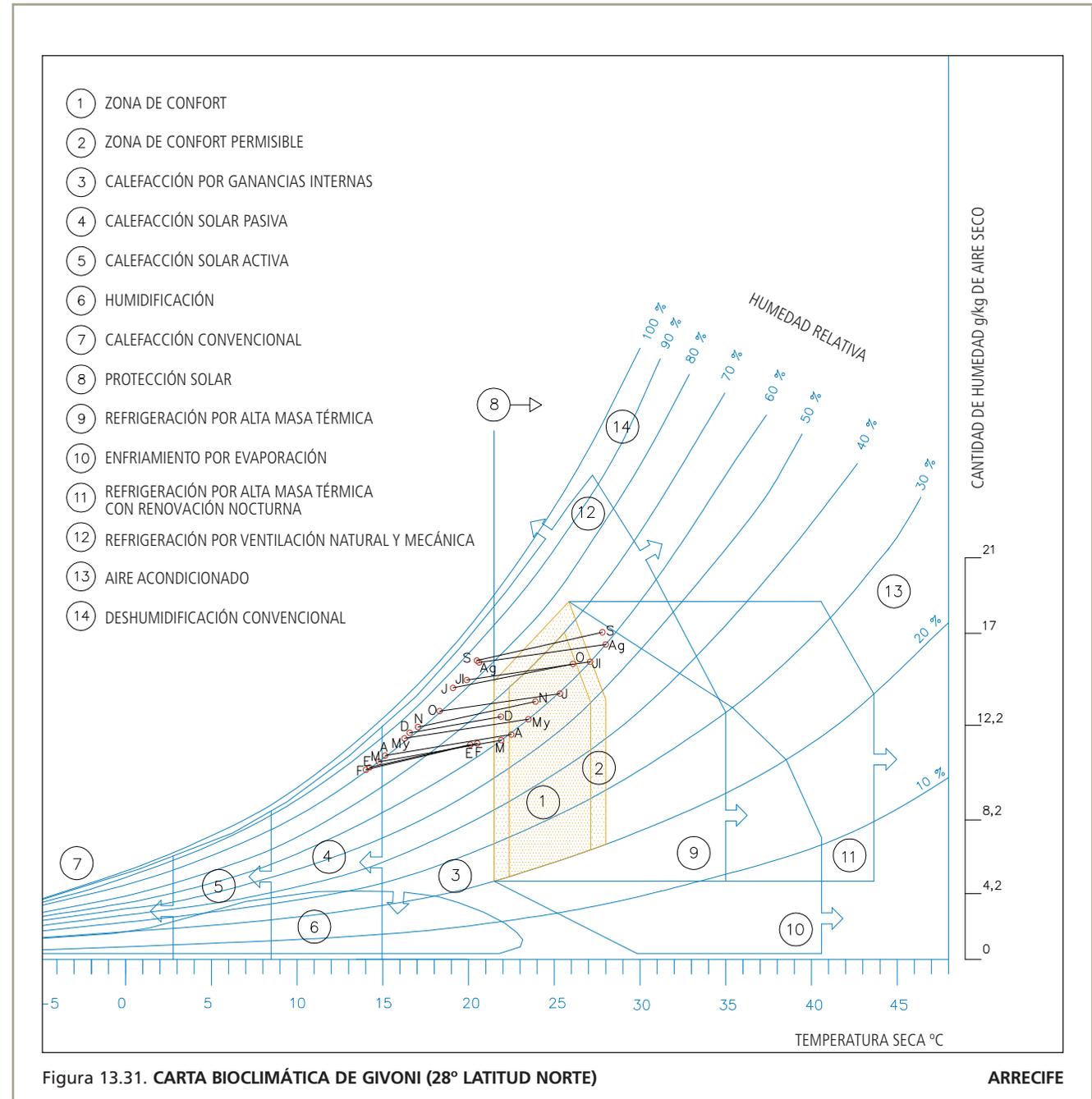
Arrecife. Carta Bioclimática de Givoni

Para obtener las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de enero, febrero y marzo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche.

Esa misma inercia térmica, unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort durante los meses más cálidos y húmedos del año (agosto y septiembre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica entre 6 a 9 h.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

En el resto de los meses, bastará disponer unas adecuadas protecciones solares durante los momentos más cálidos del día, ya que en los momentos más fríos del día se mantendrán las condiciones de confort sencillamente por las ganancias térmicas debidas a la ocupación.



Tegui. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es bastante benigno, con temperaturas medias mínimas en torno a los 10,1°C y medias máximas superiores a los 17,9°C en los meses más fríos (diciembre, enero, febrero y marzo), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para estar en confort.

Durante el mes de abril, aún más suave, ocurre lo mismo, si bien se debe estar a la sombra durante las horas centrales del día.

En noviembre, mayo y junio, se debe estar a la sombra todo el día ya que se alcanzan temperaturas superiores a los 23°C de media máxima.

Durante los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre, además de la protección solar todo el día, se necesitarán velocidades del viento entre 1 y 2 m/s, dadas las elevadas humedades que se registran durante estos meses, que combinadas con las altas temperaturas se salen de la zona de confort.

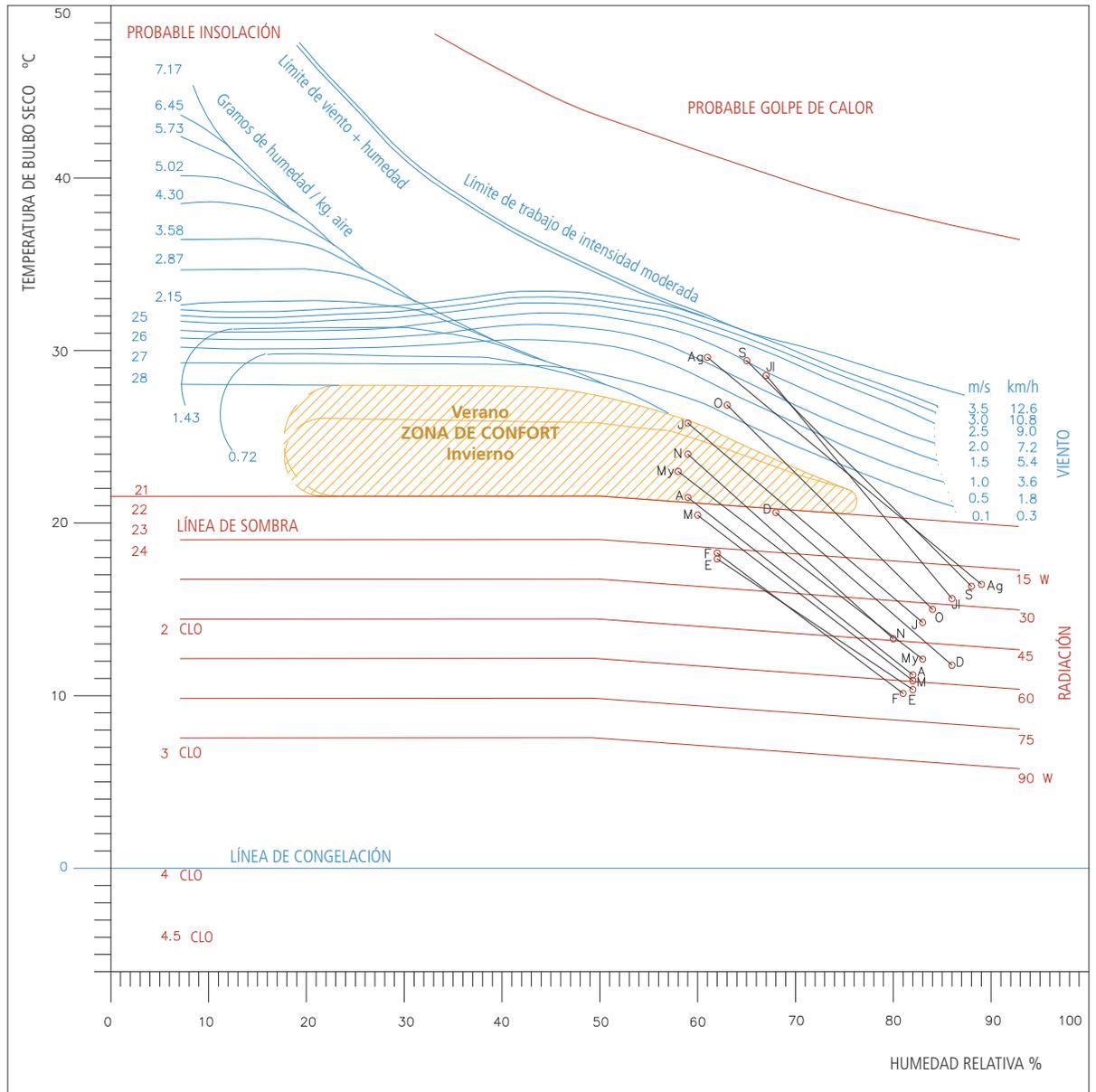


Figura 13.33. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

TEGUISE

Teguisse. Carta Bioclimática de Givoni

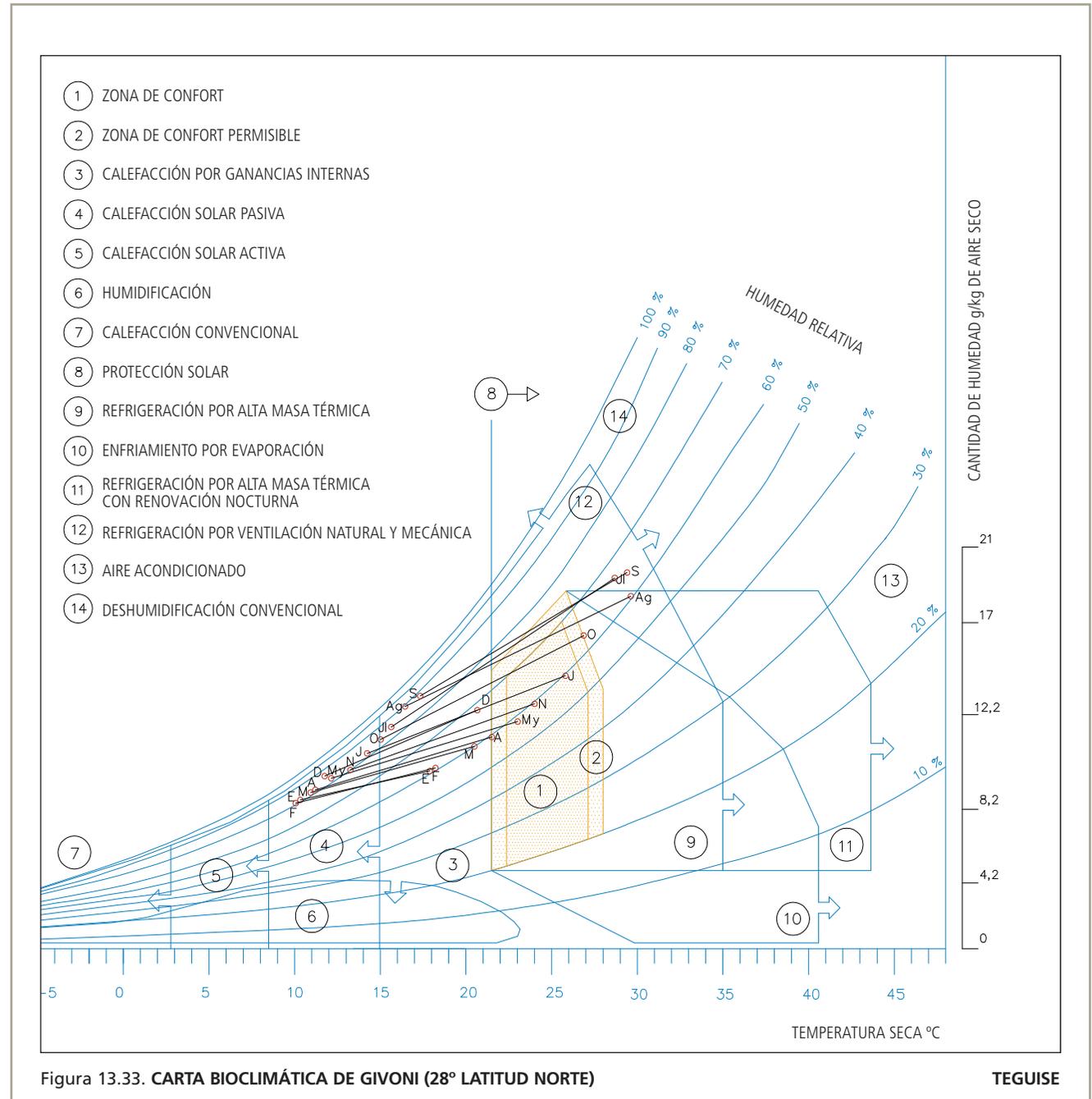
Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche.

Esta misma inercia térmica unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort interior durante los meses más cálidos y húmedos del año, (julio, agosto, septiembre y octubre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica entre 9 a 12 h.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

En el resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con unas protecciones solares adecuadas.

Las protecciones solares serán necesarias los mediodías de abril, mayo y noviembre y durante todo el día en junio, julio, agosto y septiembre.



Playa Blanca. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno con temperaturas medias mínimas superiores a los 14°C y medias de las máximas superiores a los 20°C en los meses más fríos (enero y febrero), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de marzo y abril, aún más suaves, ocurre algo similar, con temperaturas medias mínimas por encima de los 14,6°C y máximas alrededor de 22°C. Estas últimas requieren igualmente estar a la sombra a medio día para estar en condiciones de confort.

En los meses de mayo, junio, noviembre y diciembre, para estar en confort se necesitaría estar en sombra prácticamente todo el día ya que, aunque las temperaturas no son muy elevadas, el exceso de humedad las hace inconfortables. Se necesitarán por tanto velocidades de aire entre 0,5 y 1 m/s.

En julio, agosto, septiembre y octubre, para alcanzar el confort hay que permanecer a la sombra, ya que se alcanzan temperaturas medias máximas entre 26°C y 28°C, necesitando, además, para estar en confort, una velocidad de aire durante casi todo el día de 2.5 a 3.5 m/s, velocidad perfectamente tolerable para actividades al aire libre.

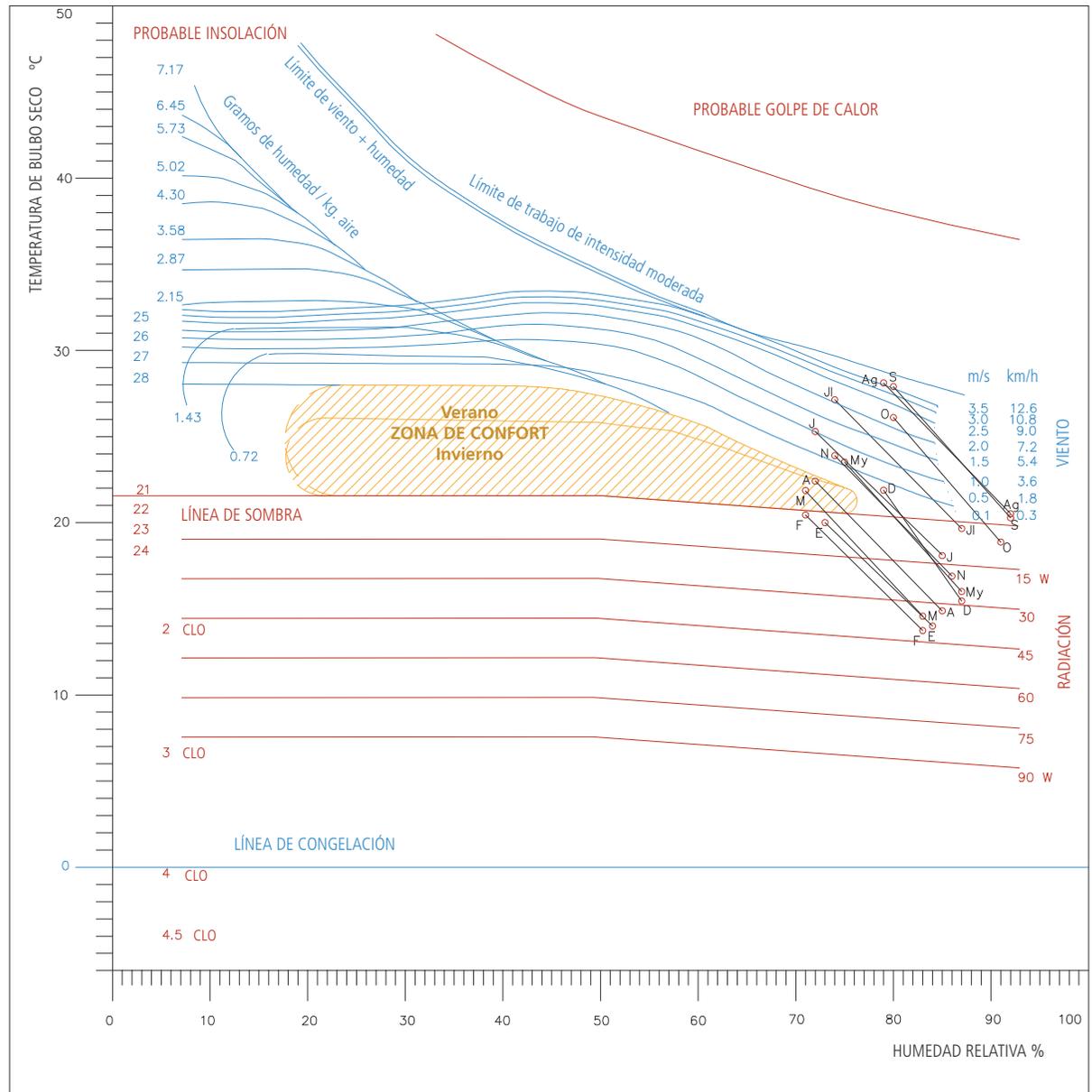


Figura 13.34. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

PLAYA BLANCA

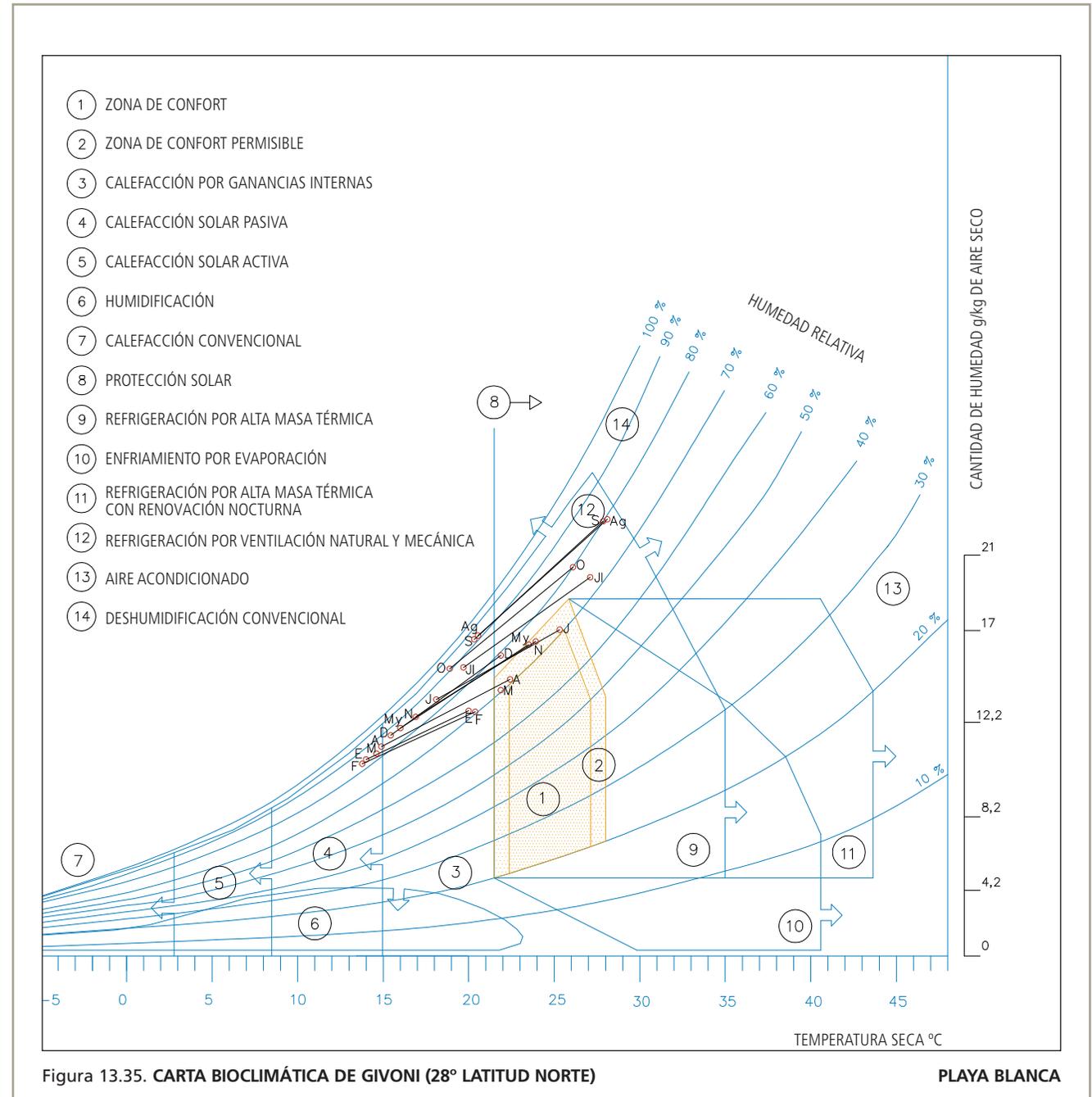
Playa Blanca. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de enero, febrero, marzo y abril, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche.

Esta misma inercia térmica unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort interior durante los meses más cálidos y húmedos del año, (julio, agosto, septiembre y octubre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica superior a 9 h.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

En el resto del año, es decir, los meses de abril, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre, en el interior de la edificación se mantendrían las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con unas protecciones solares adecuadas.



GRAN CANARIA

Las Palmas de Gran Canaria. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno con temperaturas medias mínimas superiores a los 15,8°C y medias de las máximas superiores a los 20,6°C en los meses más fríos (enero y febrero), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de marzo, abril y diciembre, aún más suaves, ocurre algo similar, con temperaturas medias mínimas por encima de los 16,2°C y máximas alrededor de 21,4°C. Estas últimas requieren igualmente estar a la sombra a medio día para estar en condiciones de confort.

En los meses de mayo y noviembre, para estar en confort se necesitaría estar en sombra prácticamente todo el día.

En junio, julio, agosto, septiembre y octubre, para alcanzar el confort hay que permanecer a la sombra todo el día, ya que se alcanzan temperaturas medias máximas entre 24°C y 26,2°C, necesitando, además, para estar en confort, una velocidad de aire durante casi todo el día de 0,1 a 2 m/s.

En algunos casos en el mes de agosto o septiembre se podrían alcanzar temperaturas máximas absolutas en torno a los 30°C, por lo se necesitarán velocidades del aire de hasta 2,5 m/s, velocidad perfectamente tolerable para actividades al aire libre.

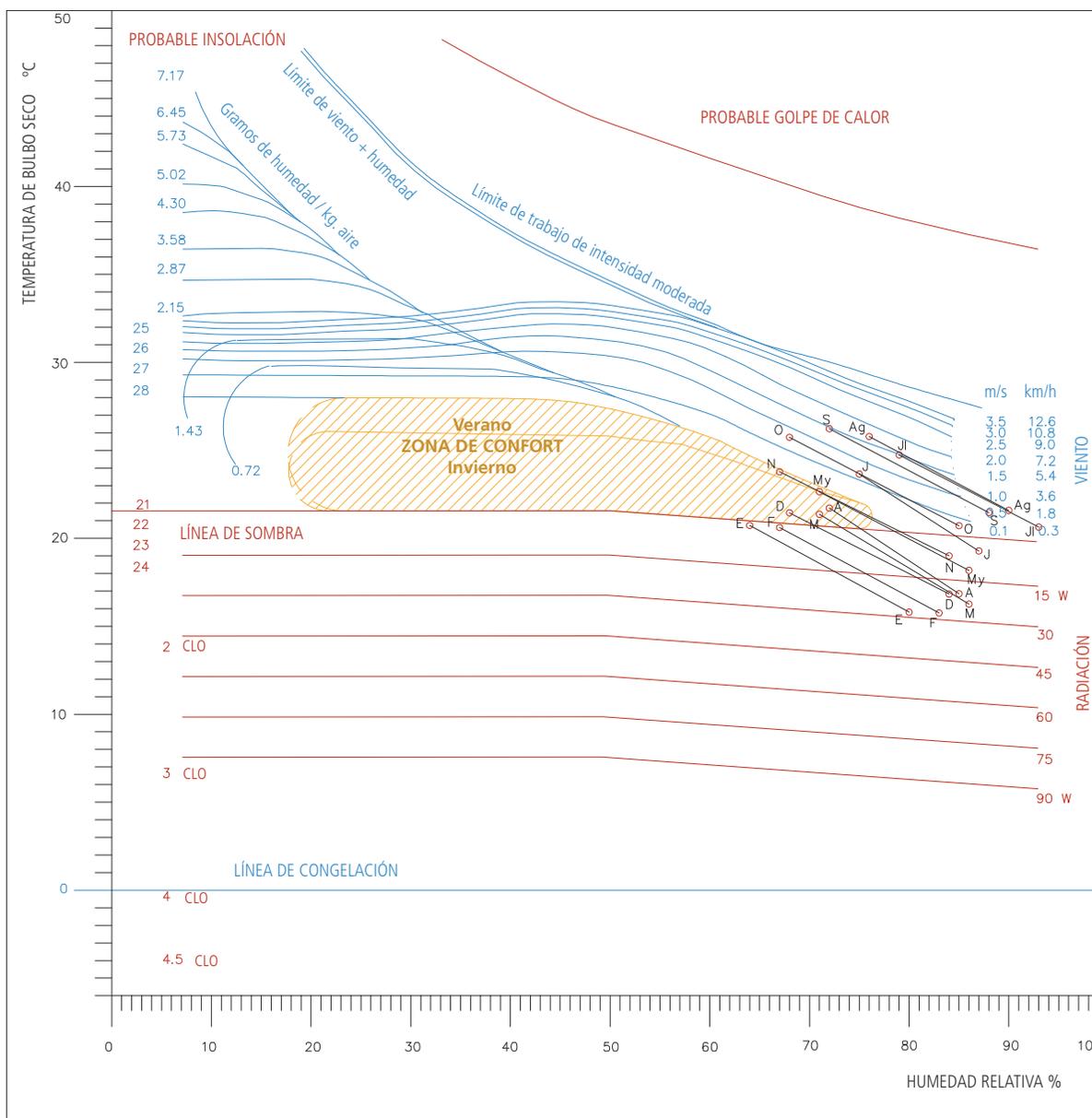


Figura 13.36. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Las Palmas de Gran Canaria. Carta Bioclimática de Givoni

Las condiciones de confort en el interior de las edificaciones se mantendrán, en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con unas protecciones solares adecuadas. Para ello sólo es necesario que el edificio tenga un buen aislamiento térmico y una inercia térmica adecuada.

Esta misma inercia térmica unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort interior durante los meses más cálidos y húmedos del año, (agosto y septiembre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica entre 9 a 12 h.

Se necesitarán protecciones solares los mediodías de noviembre, marzo, abril y mayo, y durante todo el día en junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre.

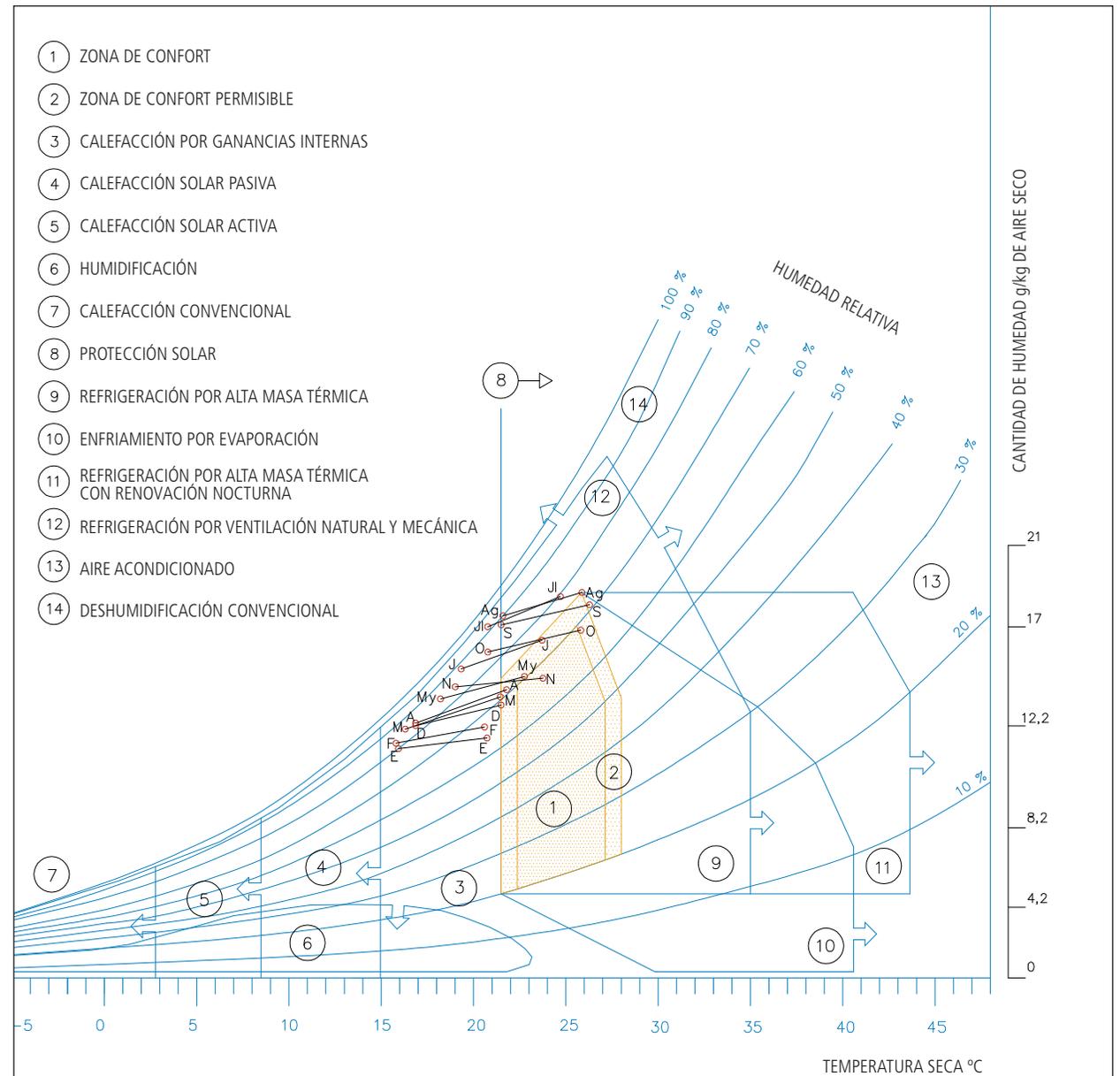


Figura 13.37. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Tamaraceite. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno con temperaturas medias mínimas en torno a los 14°C y medias de las máximas superiores a los 19,5°C en los meses más fríos (diciembre, enero, febrero y marzo), de modo que, durante el día la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de abril, mayo y noviembre, aún más suaves, se necesitaría estar a la sombra las horas centrales del día para estar en condiciones de confort. En el resto del día sería suficiente la radiación solar.

Desde junio a noviembre, para alcanzar el confort hay que permanecer a la sombra todo el día, ya que se alcanzan temperaturas medias máximas entre 24°C y 25,8°C.

En los mediodías de junio y octubre se necesita además, para estar en confort,, contrarrestar la humedad con una velocidad del aire de unos 0,5 m/s.

En julio, agosto y septiembre, la ventilación debería alcanzar en las horas centrales del día velocidades de 1,5 m/s.

En algunos casos, en el mes de agosto o septiembre se podrían alcanzar temperaturas máximas absolutas en torno a los 31,5°C, por lo que se necesitarán velocidades de aire de hasta 4,5 m/s, sensación que no resulta desagradable para actividades al aire libre.

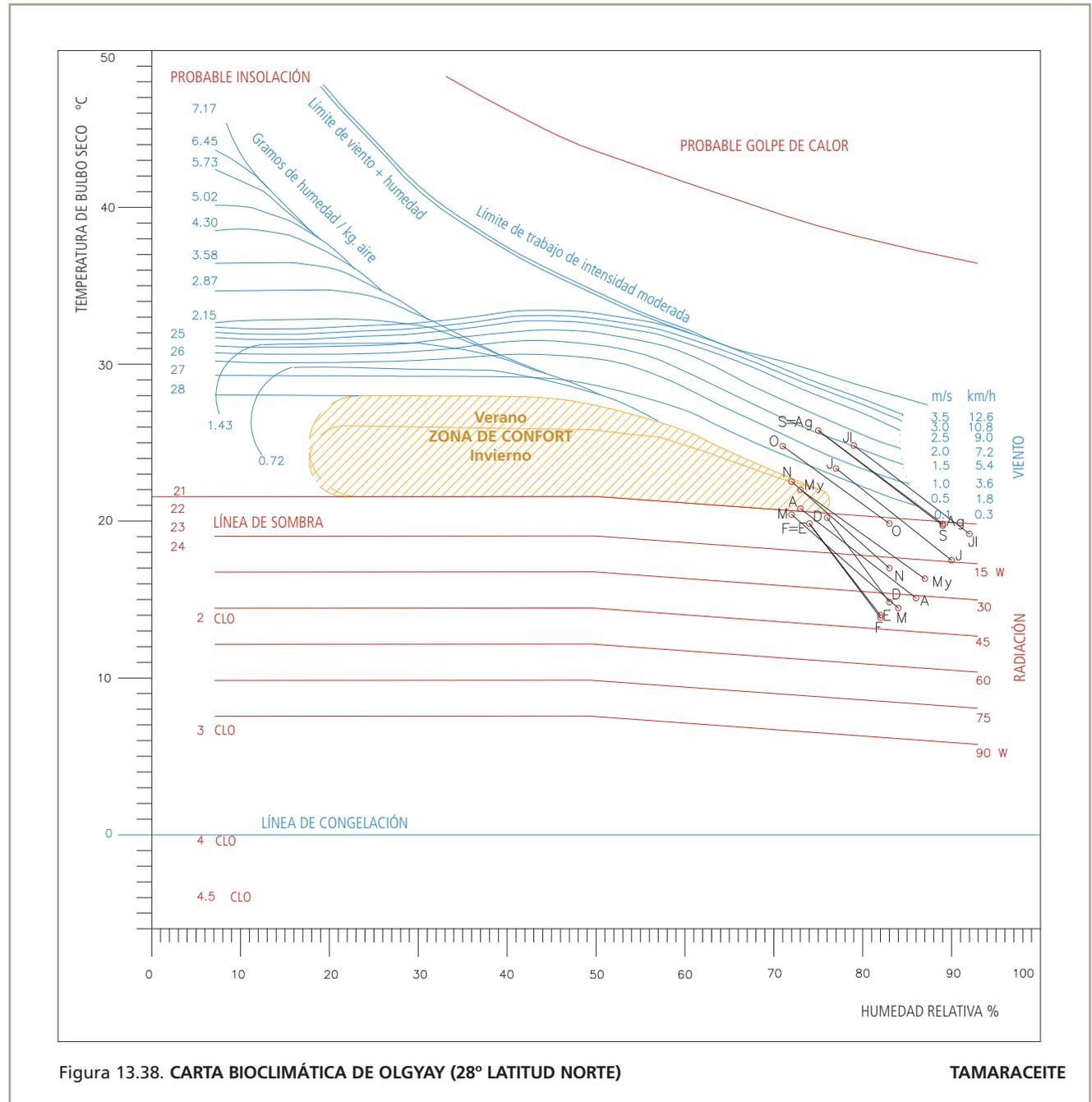


Figura 13.38. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY (28° LATITUD NORTE)

TAMARACEITE

Tamaraceite. Carta Bioclimática de Givoni

Para obtener las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de enero, febrero y marzo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche.

Esa misma inercia térmica, unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort durante los meses más cálidos y húmedos del año (agosto y septiembre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica superior a 9 h.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

En el resto de los meses, bastará disponer unas adecuadas protecciones solares durante los momentos más cálidos del día, ya que en los momentos más fríos del día se mantendrán las condiciones de confort sencillamente por las ganancias térmicas debidas a la ocupación.

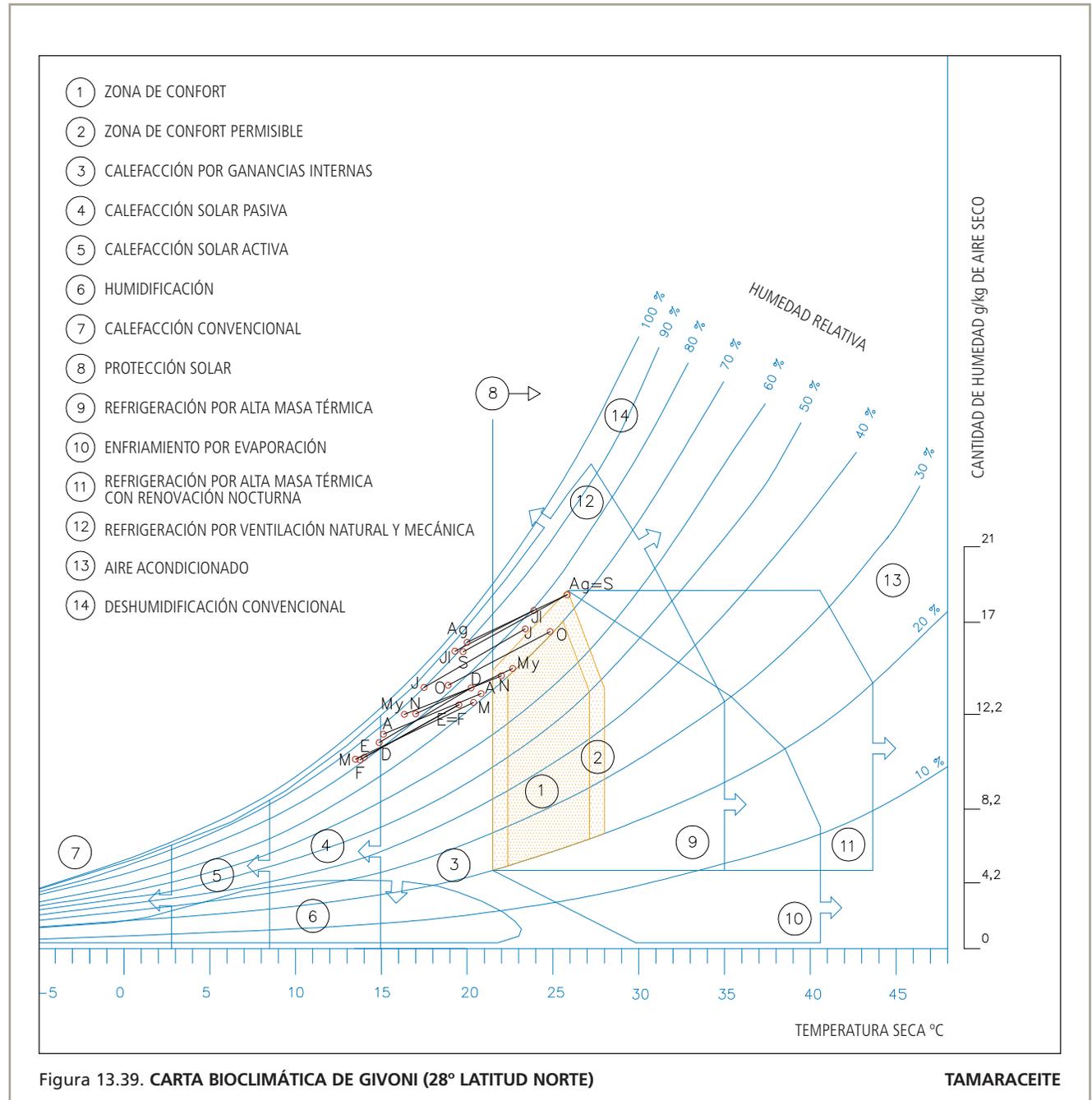


Figura 13.39. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

TAMARACEITE

Vecindario. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es moderadamente benigno con temperaturas medias mínimas superiores a 12,6°C y medias de las máximas superiores a 19,7°C en los meses más fríos (diciembre, enero y febrero). Durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de noviembre, marzo, abril y mayo, aún más suaves, ocurre algo similar, con temperaturas medias mínimas superiores a los 13,8°C y máximas en torno a los 22,6°C y se necesitarán estar a la sombra en las horas centrales del día. El resto de las horas del día, es suficiente la radiación solar para la obtención de bienestar.

En los meses de junio, julio y octubre, para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar a la sombra todo el día.

En agosto y septiembre se debe estar a la sombra todo el día ya que se alcanzan temperaturas superiores a los 27,4°C y velocidades del aire de 0,1 m/s para disipar el exceso de humedad del ambiente.

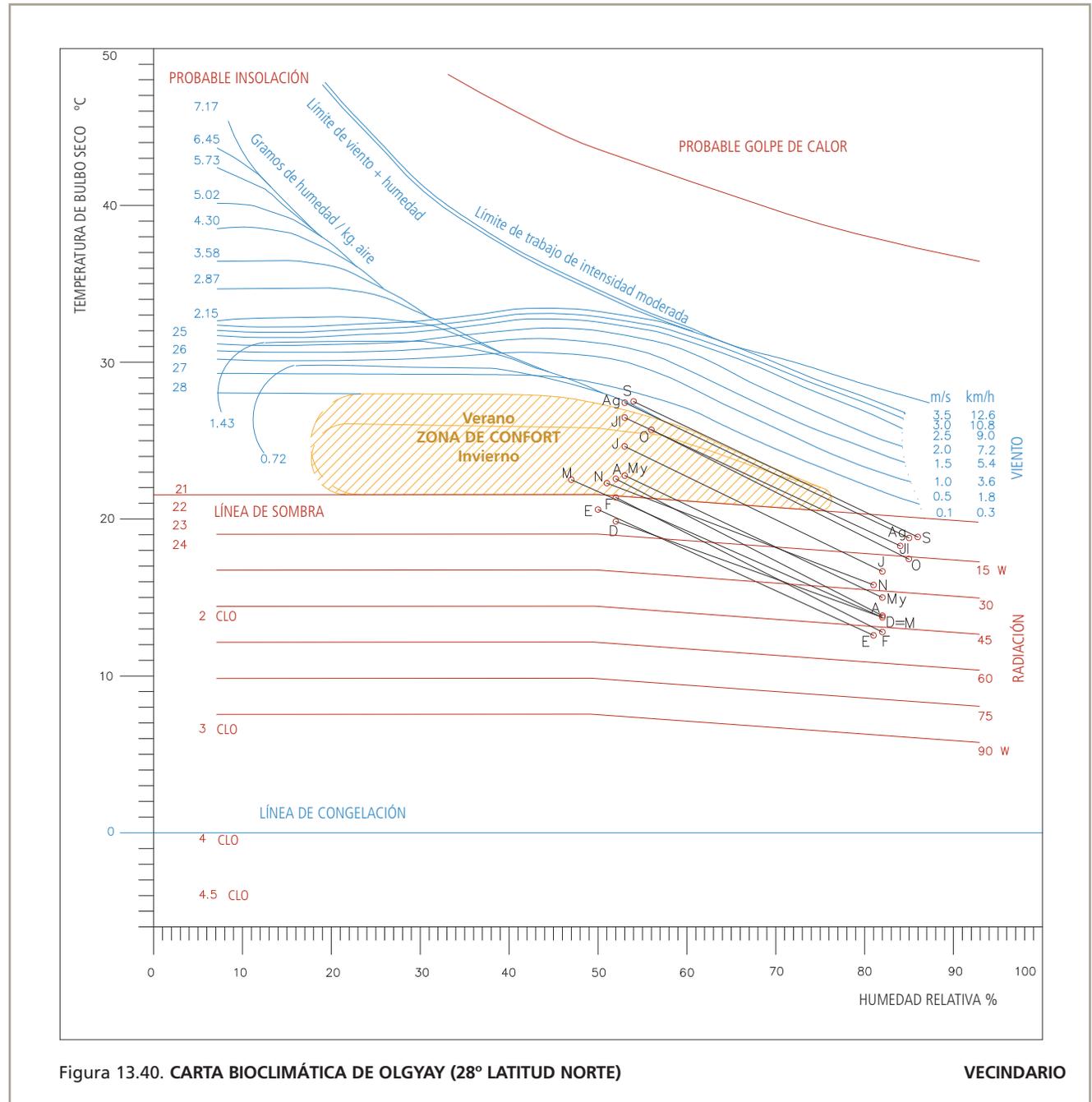


Figura 13.40. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

VECINDARIO

Vecindario. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 6 a 9 h.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con una inercia térmica, aislamiento térmico y protecciones solares adecuadas.

Las protecciones solares se necesitarán a mediodía en los meses de noviembre, marzo, abril y mayo, y durante todo el día en, junio, julio, agosto y septiembre.

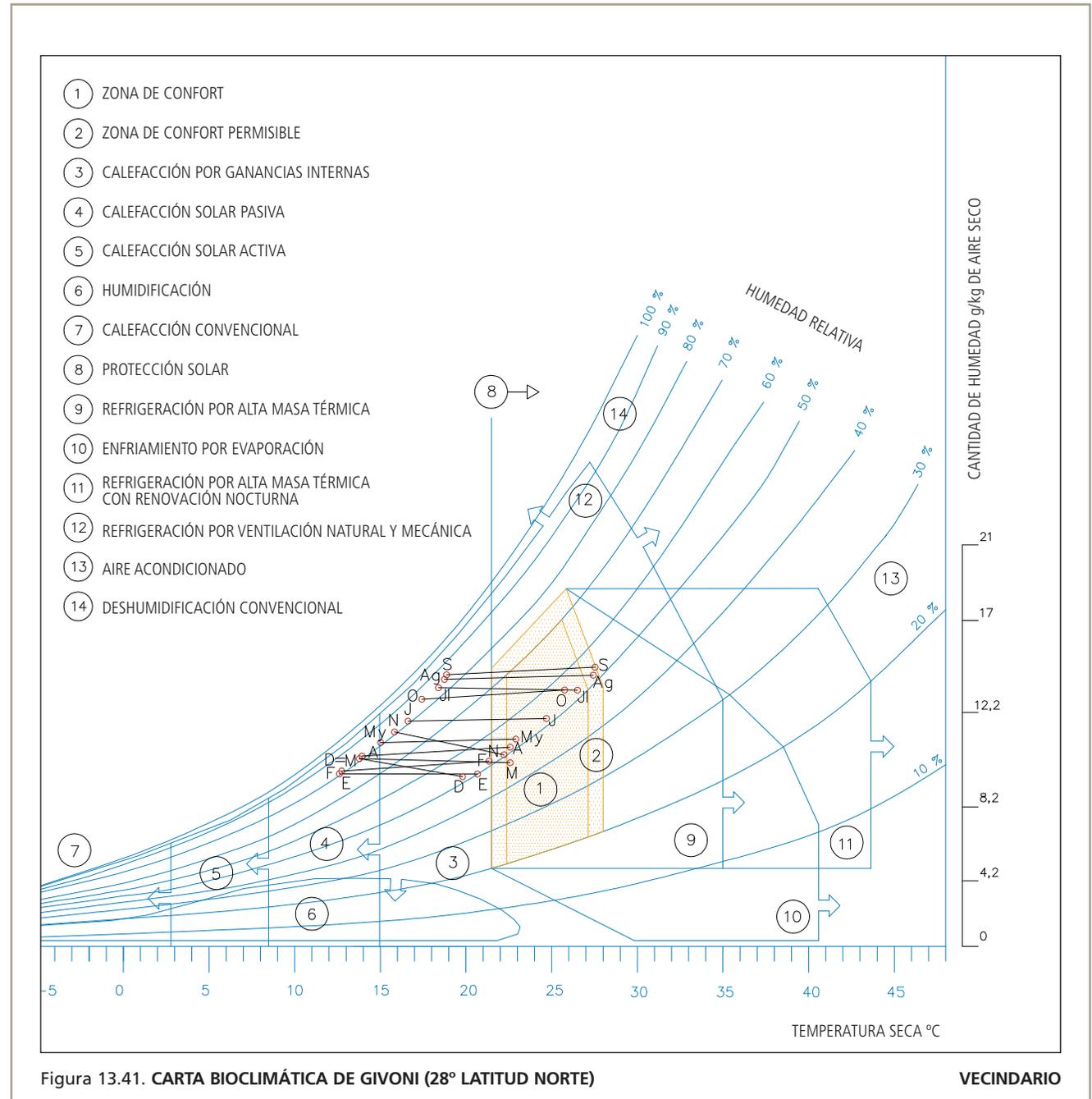


Figura 13.41. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

VECINDARIO

Maspalomas. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno, con temperaturas medias mínimas en torno a los 12,9°C y medias máximas superiores a los 20°C en los meses más fríos (diciembre, enero y febrero), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para estar en confort.

Durante los meses de noviembre, marzo, abril y mayo, aún más suaves, ocurre lo mismo, si bien se debe estar a la sombra durante las horas centrales del día.

Durante los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre, además de la protección solar todo el día, se necesitarán velocidades del viento entre 0,1 y 2,5 m/s, dadas las elevadas humedades que se registran que, combinadas con las altas temperaturas, su representación se sale de la zona de confort.

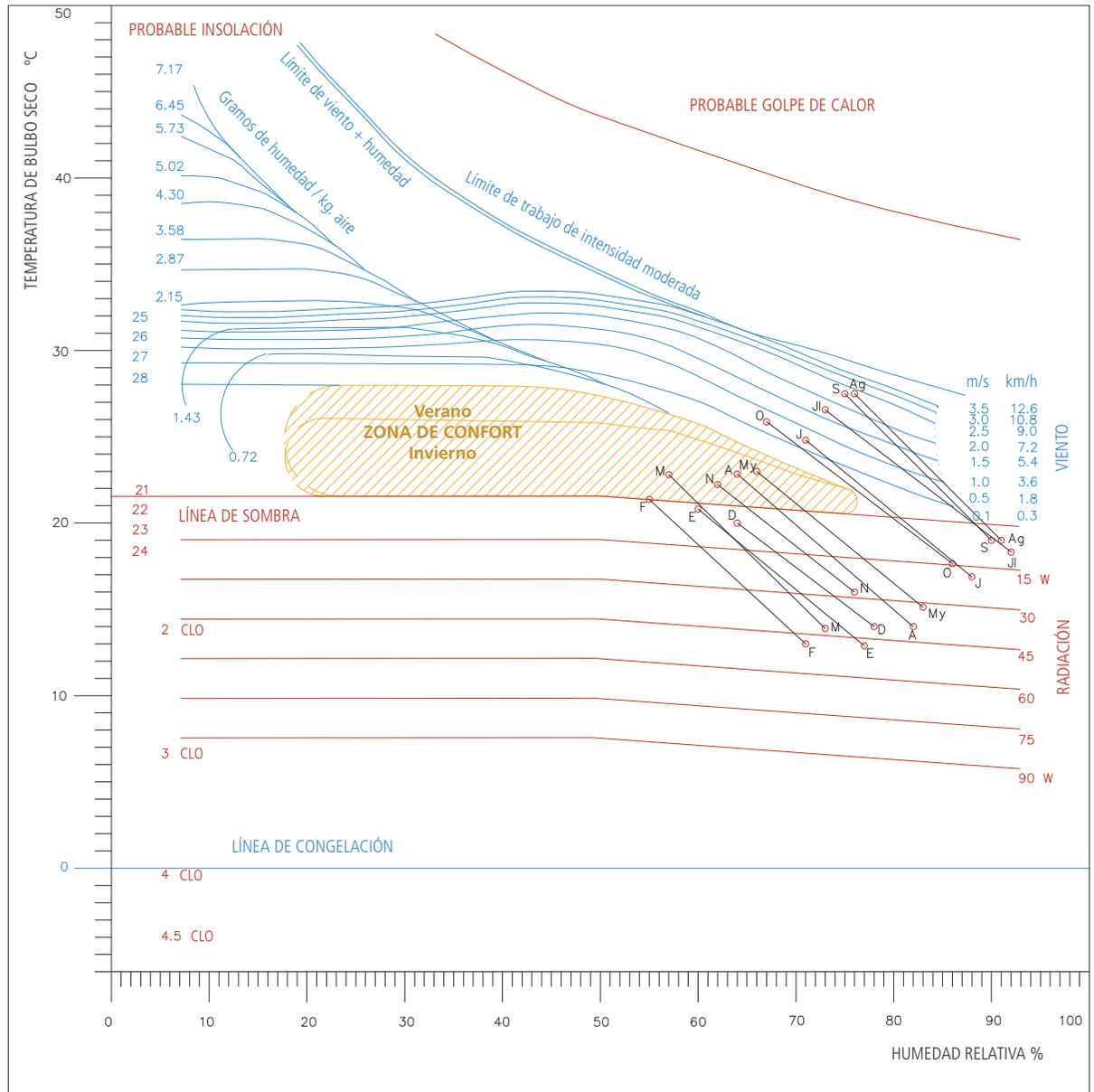


Figura 13.42. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

MASPALOMAS

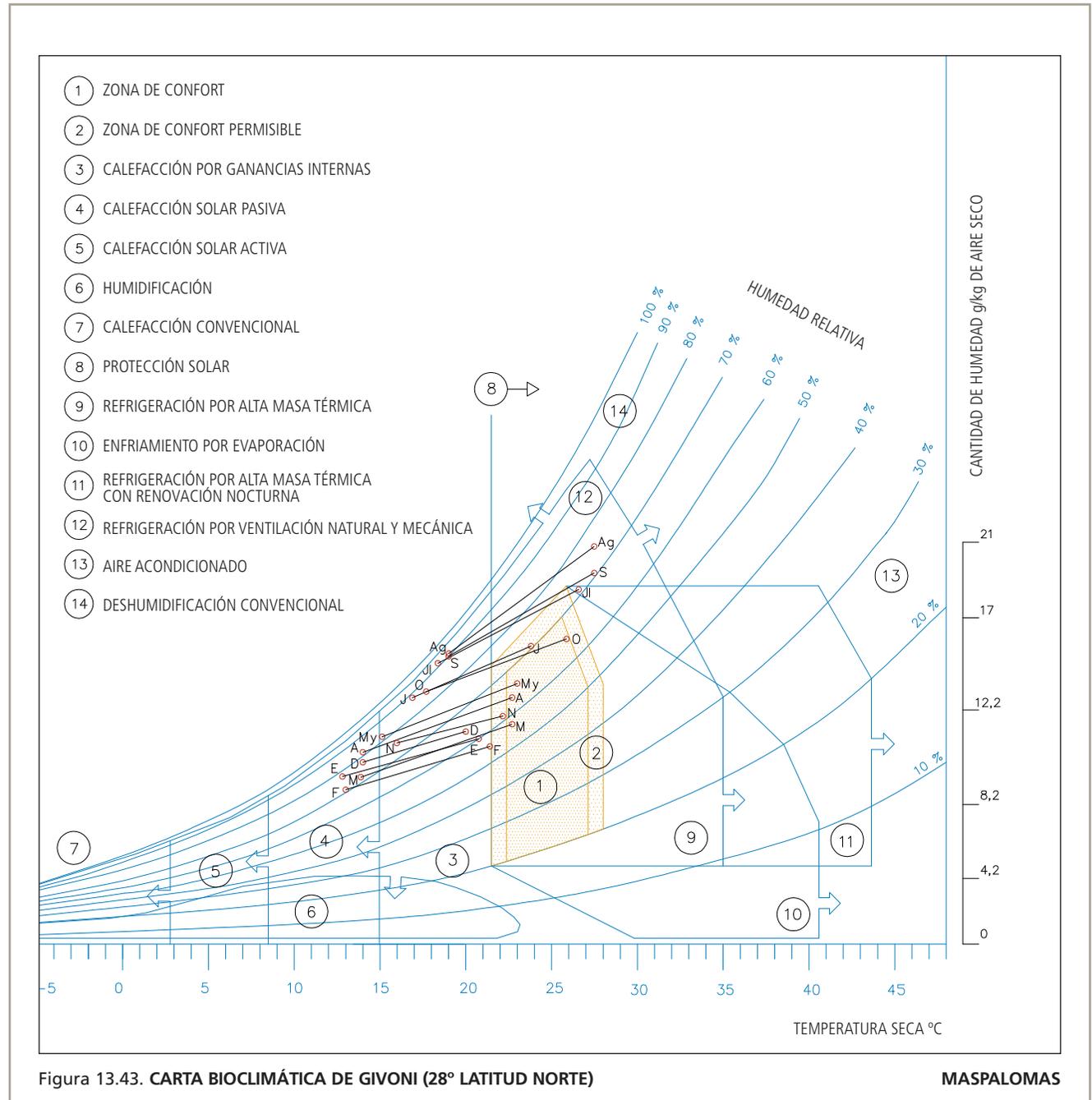
Maspalomas. Carta Bioclimática de Givoni

Para obtener las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche.

Esa misma inercia térmica, unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort durante los meses más cálidos y húmedos del año (julio, agosto y septiembre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica de unas 9-12 h.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

En el resto de los meses, bastará disponer unas adecuadas protecciones solares durante los momentos más cálidos del día, ya que en los momentos más fríos del día se mantendrán las condiciones de confort sencillamente por las ganancias térmicas debidas a la ocupación. Dichas protecciones serán necesarias a mediodía durante los meses de marzo, abril, mayo y noviembre y todo el día durante junio, julio, agosto, septiembre y octubre.



Guía. Carta Bioclimática de Olgay

En invierno es uno de los climas más severos de los estudiados para la isla de Gran Canaria, con temperaturas medias mínimas en torno a los 10,5°C y medias máximas en torno a los 16,6°C durante los meses más fríos (noviembre, diciembre, enero, febrero marzo, abril, mayo y junio), por lo que se necesitarán aportes solares durante todo el día, especialmente en diciembre, enero y febrero.

Lo mismo ocurre aunque en menor medida en los meses de julio y octubre, si bien se necesitarán estar a la sombra durante las horas centrales del día.

Sólo se necesitarán estar a la sombra todo el día los meses de agosto y septiembre. En estos meses además se necesitarán velocidad de viento de 0,1 m/s para estar en condiciones de confort.

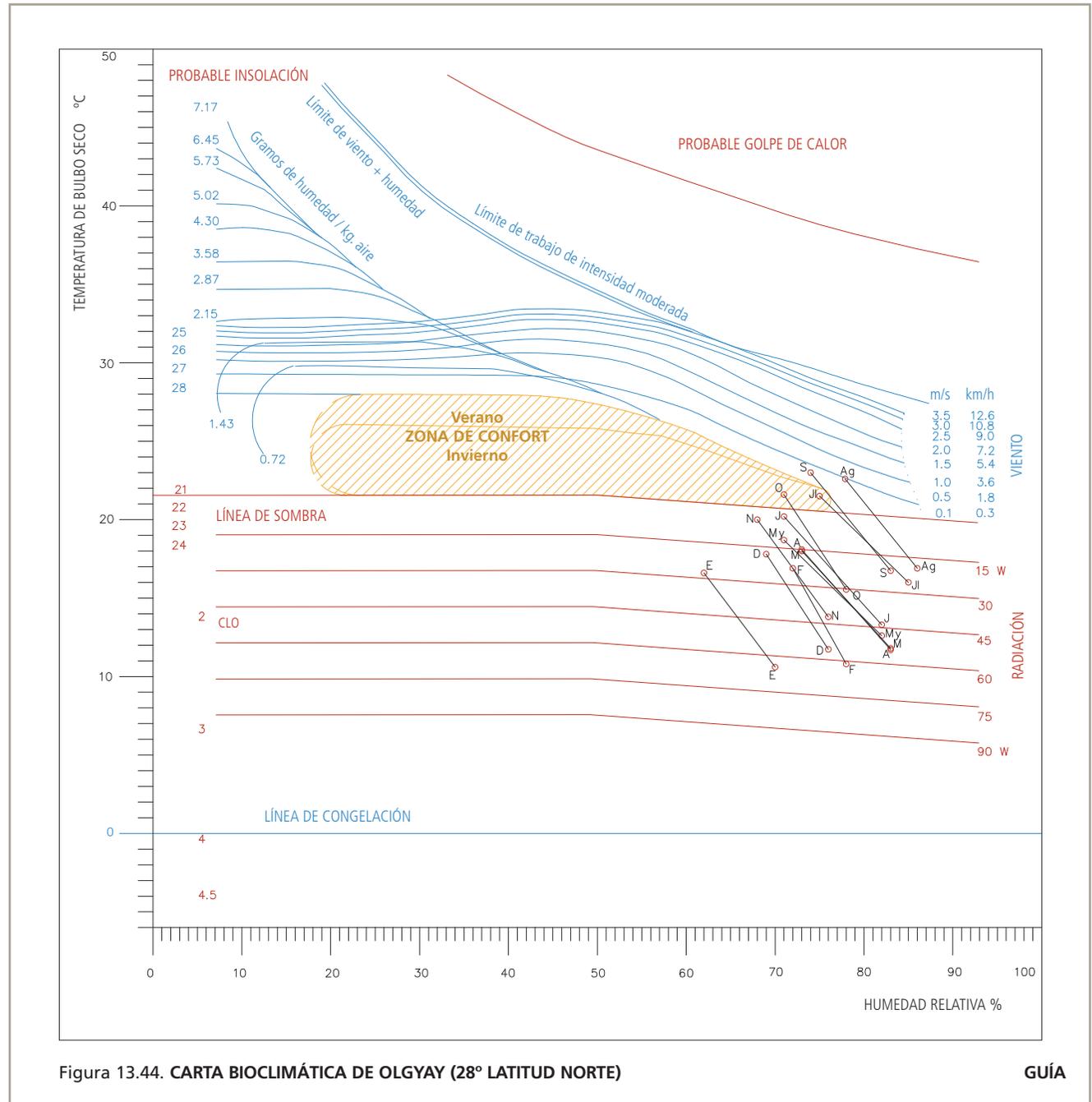


Figura 13.44. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

Guía. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril mayo y junio, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 9 a 12 h.

Tiene especial importancia la correcta utilización de un aislamiento térmico adecuado, eliminando los puentes térmicos, para evitar las pérdidas de las ganancias solares obtenidas por los sistemas pasivos.

En el resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día con unas protecciones solares adecuadas. Estas protecciones serán necesarias los mediodías de julio y octubre y casi todo el día en agosto y septiembre.

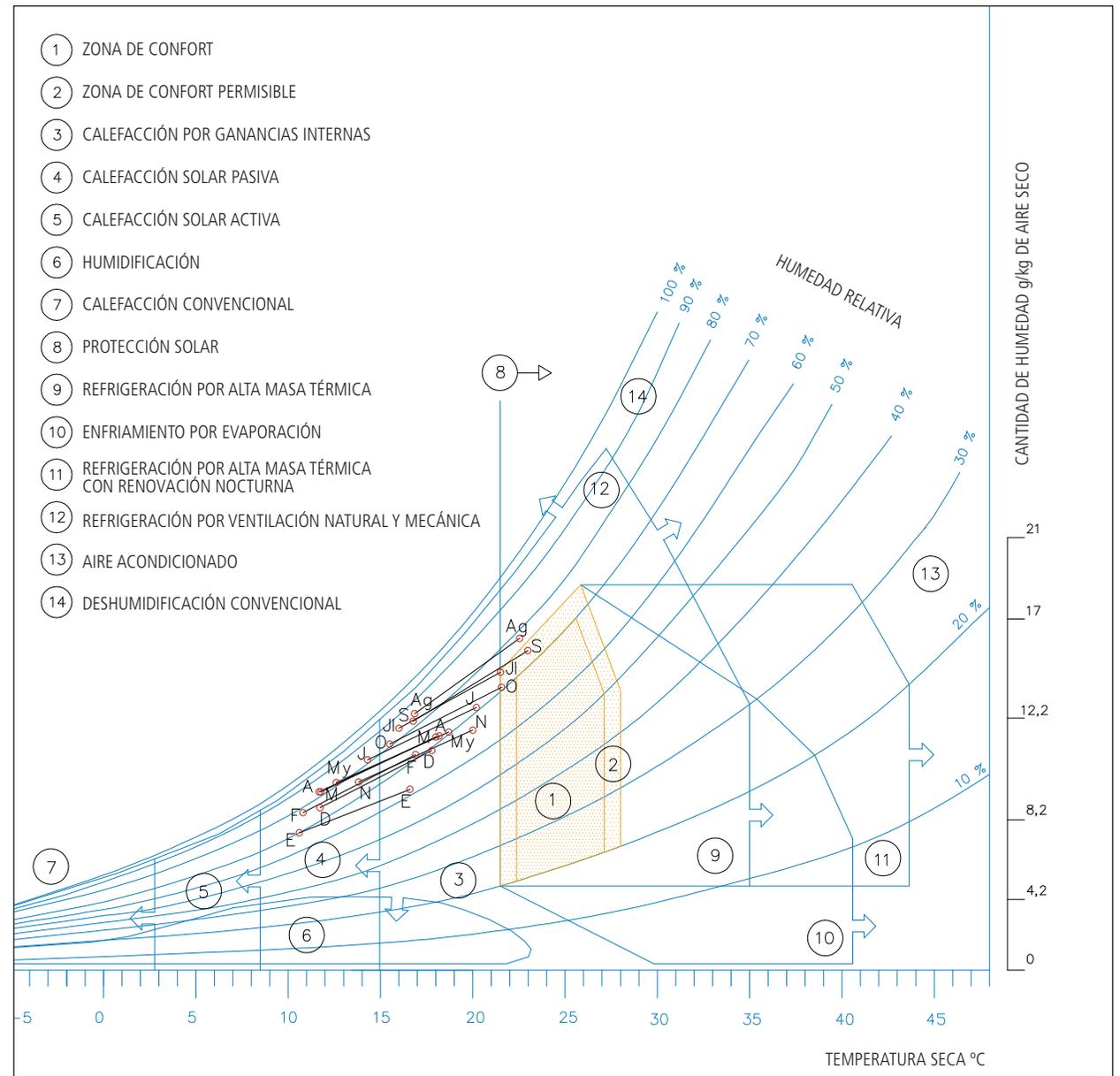


Figura 13.45. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

Valleseco. Carta Bioclimática de Olgay

Es un clima bastante atípico dentro del conjunto de los climas estudiados, combinando temperaturas muy bajas con humedades igualmente muy bajas.

El invierno es uno de los más severos de los climas estudiados para la isla de Gran Canaria, con temperaturas medias mínimas en torno a los 5,1°C y medias máximas en torno a los 13,8°C durante los meses más fríos (octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio), por lo que se necesitarán importantes aportes solares durante todo el día.

Sólo se necesitarán protecciones solares a medio día durante los meses de julio, agosto y septiembre.

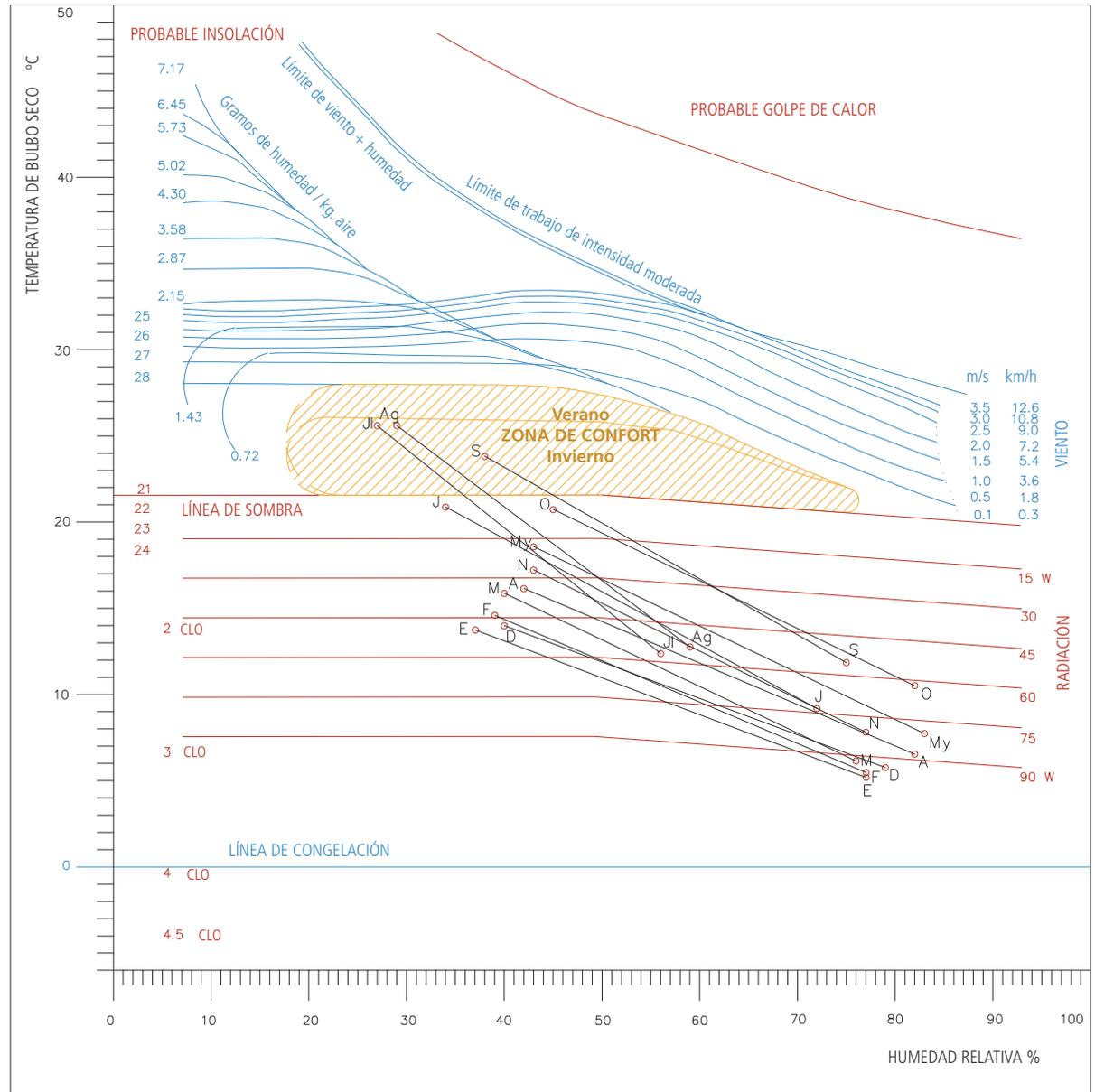


Figura 13.46. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

VALLESECO

Valleseco. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones se necesitarán un buen comportamiento solar pasivo de los edificios (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche durante TODOS LOS MESES DEL AÑO. Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica superior a 9 a 12 h.

Los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero marzo, abril y mayo, se necesitarán además un aporte de calefacción solar activa.

Tiene especial importancia el uso adecuado de aislamiento térmico para evitar las pérdidas de la radiación solar acumulada.

Los mediodías de julio, agosto y septiembre, se debe estar a la sombra para estar en confort. Durante el resto del día de estos meses, alcanzaremos el confort simplemente con las ganancias térmicas que se producen por el solo hecho de la ocupación del inmueble.

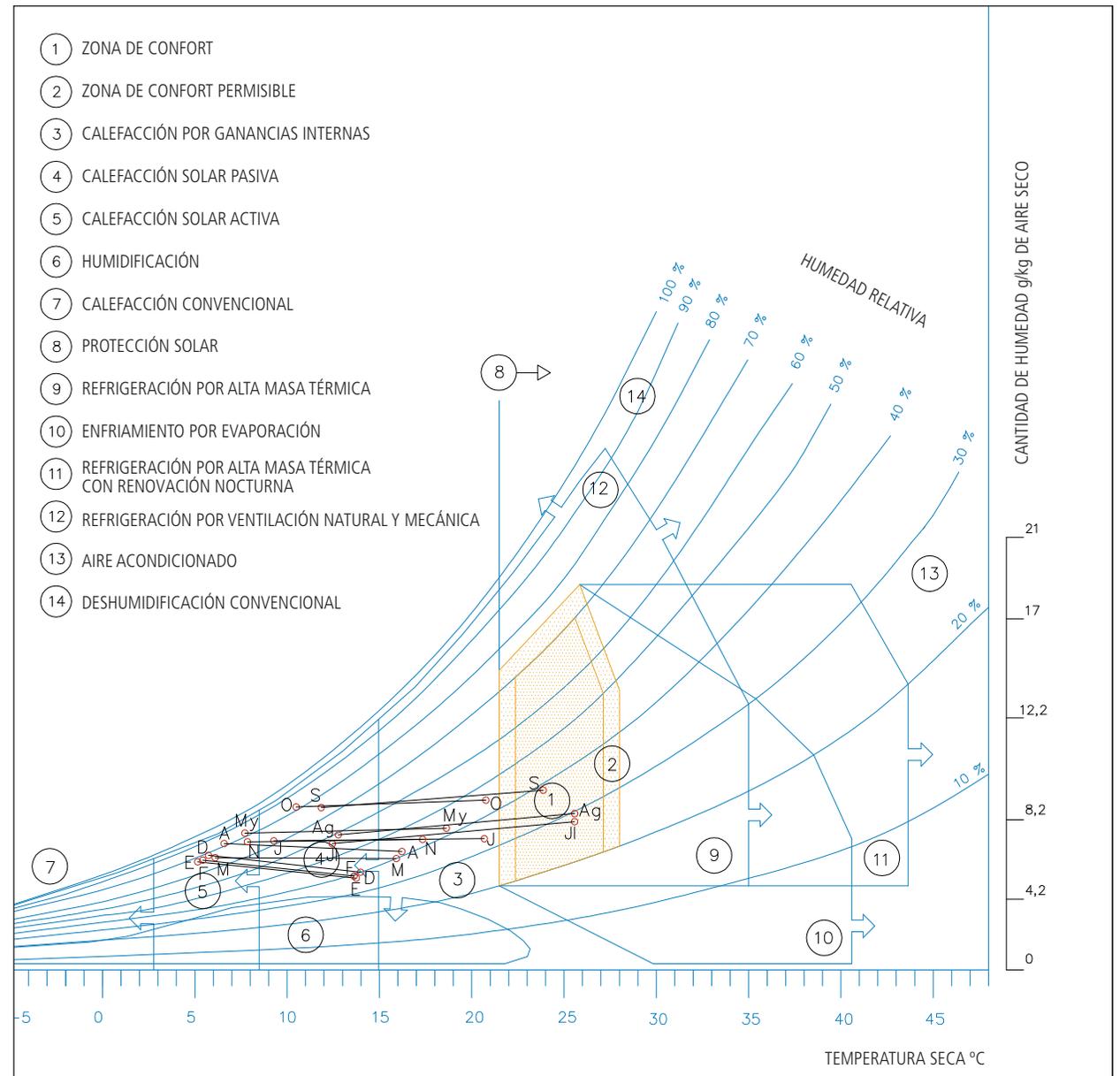


Figura 13.47. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

VALLESECO

Santa Brígida. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es severo, en relación a lo benignos que suelen ser los climas canarios, con temperaturas medias mínimas en torno a los 8,4°C y medias máximas en torno a los 17,3°C durante los meses más fríos (enero y febrero), por lo que se necesitarán importantes aportes solares durante todo el día. Lo mismo ocurre aunque en menor medida en los meses de noviembre, diciembre, marzo, abril y mayo.

Sólo se necesitará estar a la sombra en las horas centrales del día de los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre.

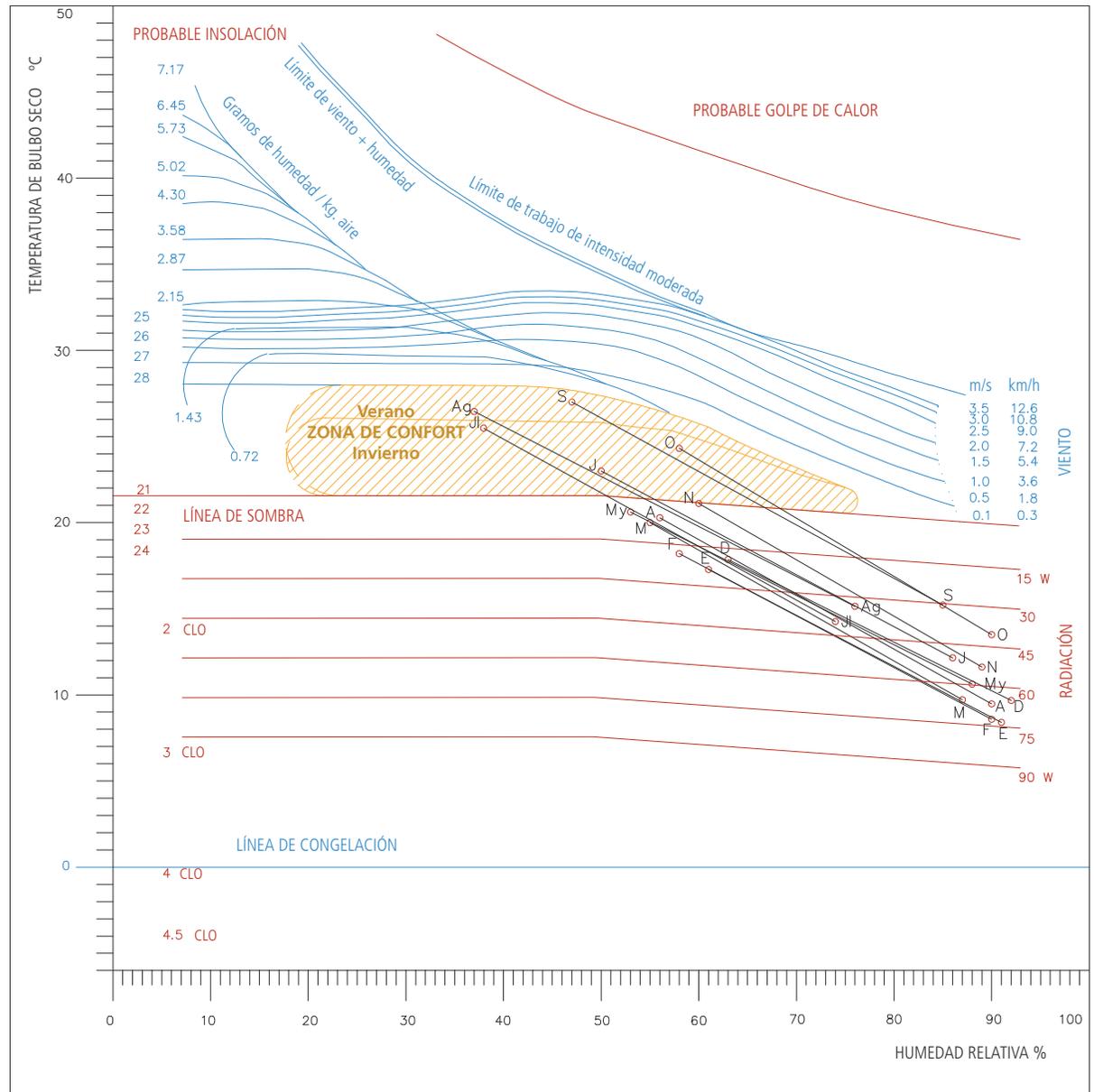


Figura 13.48. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

SANTA BRÍGIDA

Santa Brígida. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones se necesitarán un buen comportamiento solar pasivo de los edificios (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche durante los meses de octubre, noviembre, diciembre, febrero, marzo, mayo, junio y julio. Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica superior a 9 h.

El mes de enero, se necesitarán además un aporte de calefacción solar activa.

Tiene especial importancia el uso adecuado de aislamiento térmico para evitar las pérdidas de la radiación solar acumulada.

Los mediodías de junio se debe estar a la sombra para estar en confort. Durante el resto del día de este mes, alcanzaremos el confort simplemente con las ganancias térmicas que se producen por el solo hecho de la ocupación del inmueble.

Durante julio, agosto, septiembre y octubre, deberemos estar a la sombra casi todo el día.

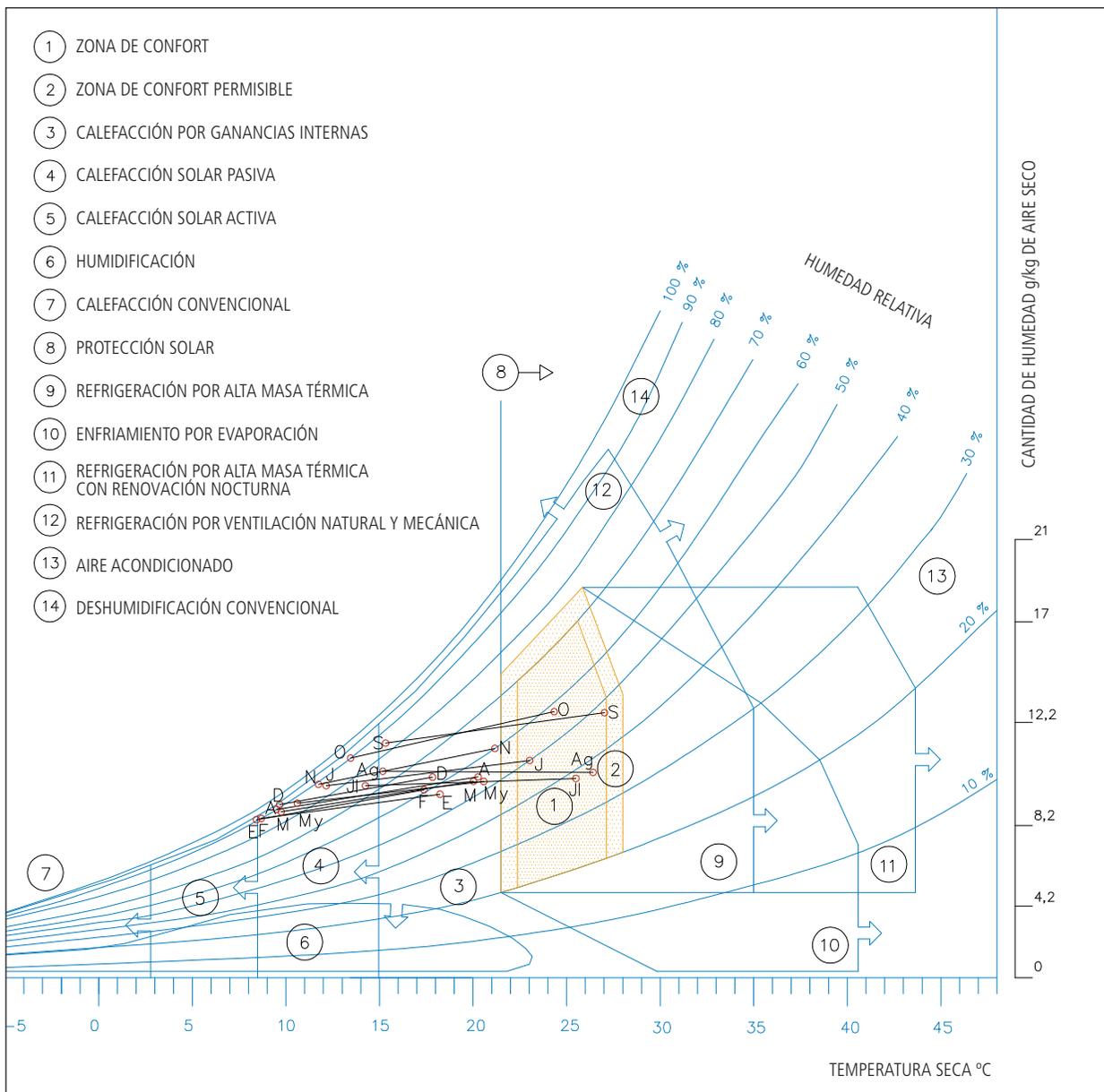


Figura 13.49. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

SANTA BRÍGIDA

Valsequillo. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es uno de los más severos de las Islas Canarias con temperaturas medias mínimas inferiores a 8,5°C y medias de las máximas inferiores a 17,5°C. Aún así, durante el día la radiación solar es suficiente para estar en confort, en los meses más fríos (febrero, enero y diciembre). En los meses de marzo, abril, mayo y noviembre, también se precisa radiación solar, aunque en menor medida, para estar en confort.

En los meses de junio y octubre se necesitaría estar a la sombra en las horas de mediodía y, en el resto de las horas del día, es suficiente la radiación solar para la obtención de bienestar.

En julio, agosto, septiembre y octubre, para alcanzar el confort, hay que permanecer a la sombra, ya que se alcanzan temperaturas medias máximas superiores a los 25°C.

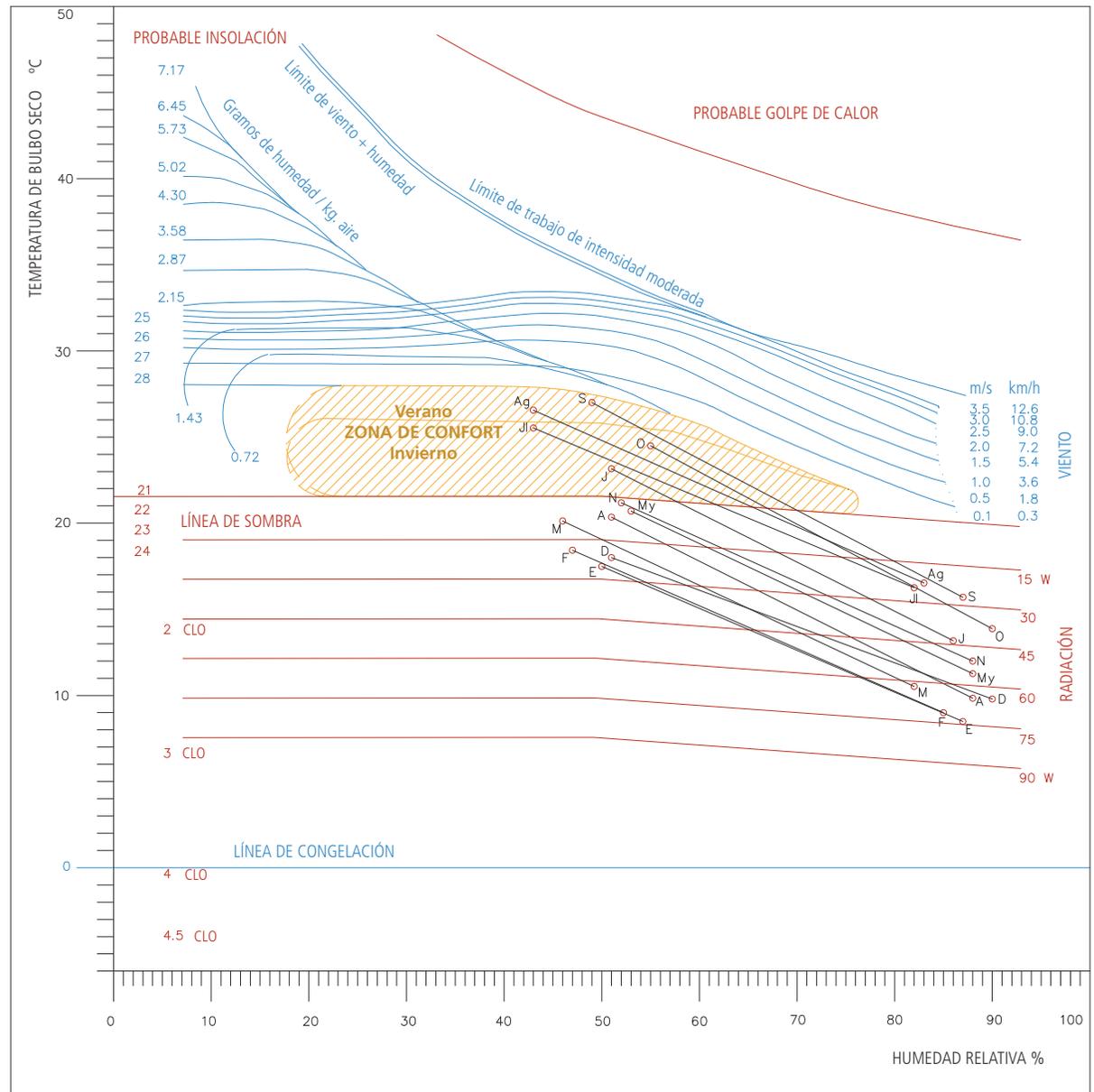


Figura 13.50. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

VALSEQUILLO

Valsequillo. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica de unas 6 a 9 h.

Durante el mes de enero, se necesitarán también puntualmente calefacción solar activa.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones solares se necesitarán los mediodías de junio y durante todo el día en agosto, septiembre y octubre.

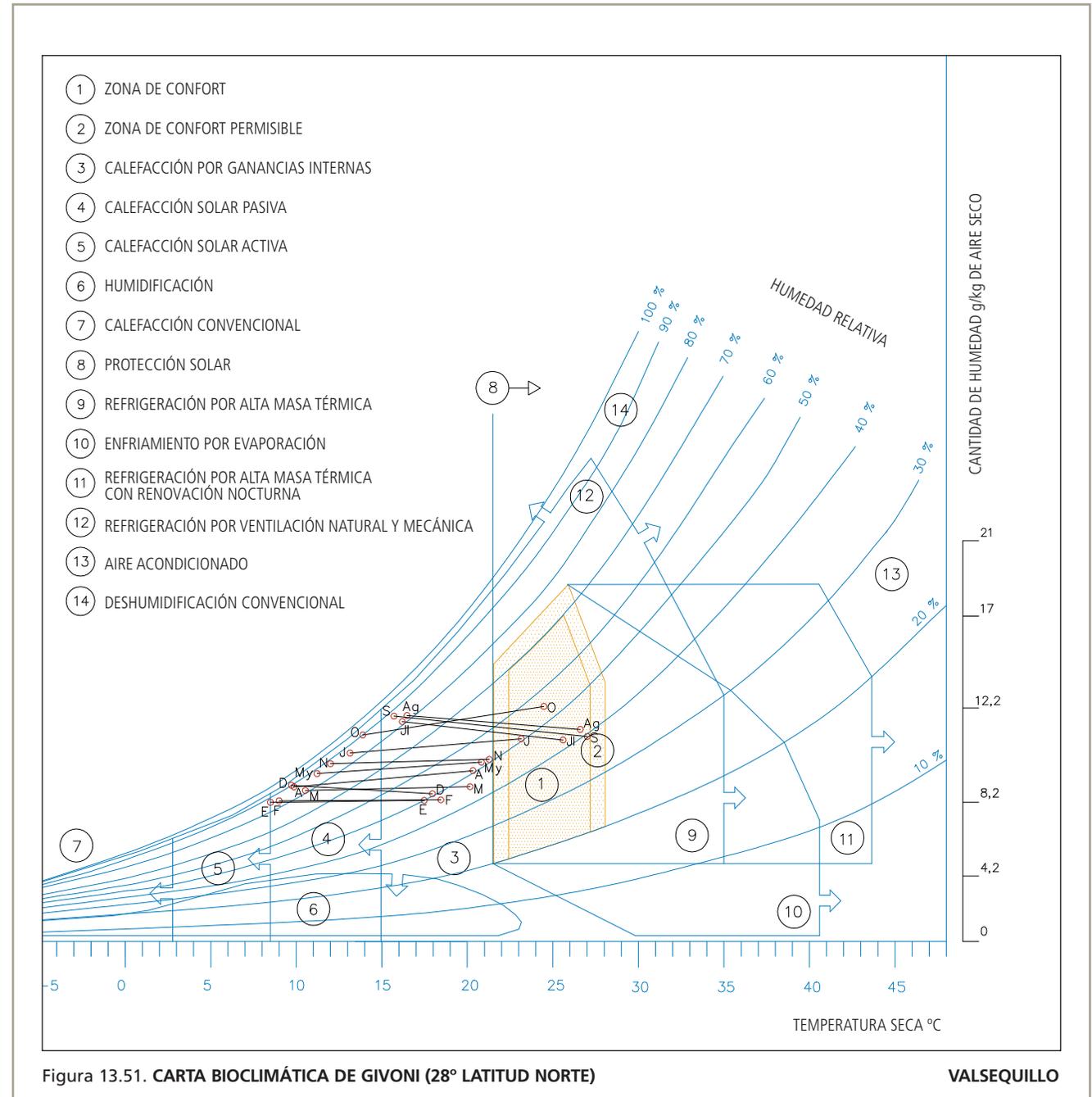


Figura 13.51. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

VALSEQUILLO

Puerto de Mogán. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es moderadamente benigno con temperaturas medias mínimas superiores a 12,6°C y medias de las máximas superiores a 19,3°C en los meses más fríos (enero y febrero). Durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de diciembre, marzo y abril, aún más suaves, ocurre algo similar, con temperaturas medias mínimas superiores a los 13,8°C y máximas en torno a los 20,6°C.

En los meses de noviembre, mayo y junio, para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar a la sombra a mediodía. El resto de las horas del día, es suficiente la radiación solar para la obtención de bienestar.

En junio y octubre, se debe estar a la sombra, prácticamente todo el día.

En julio, agosto y septiembre, además de estar a la sombra todo el día se necesitarán velocidades del aire de 0,1 a 0,5 m/s.

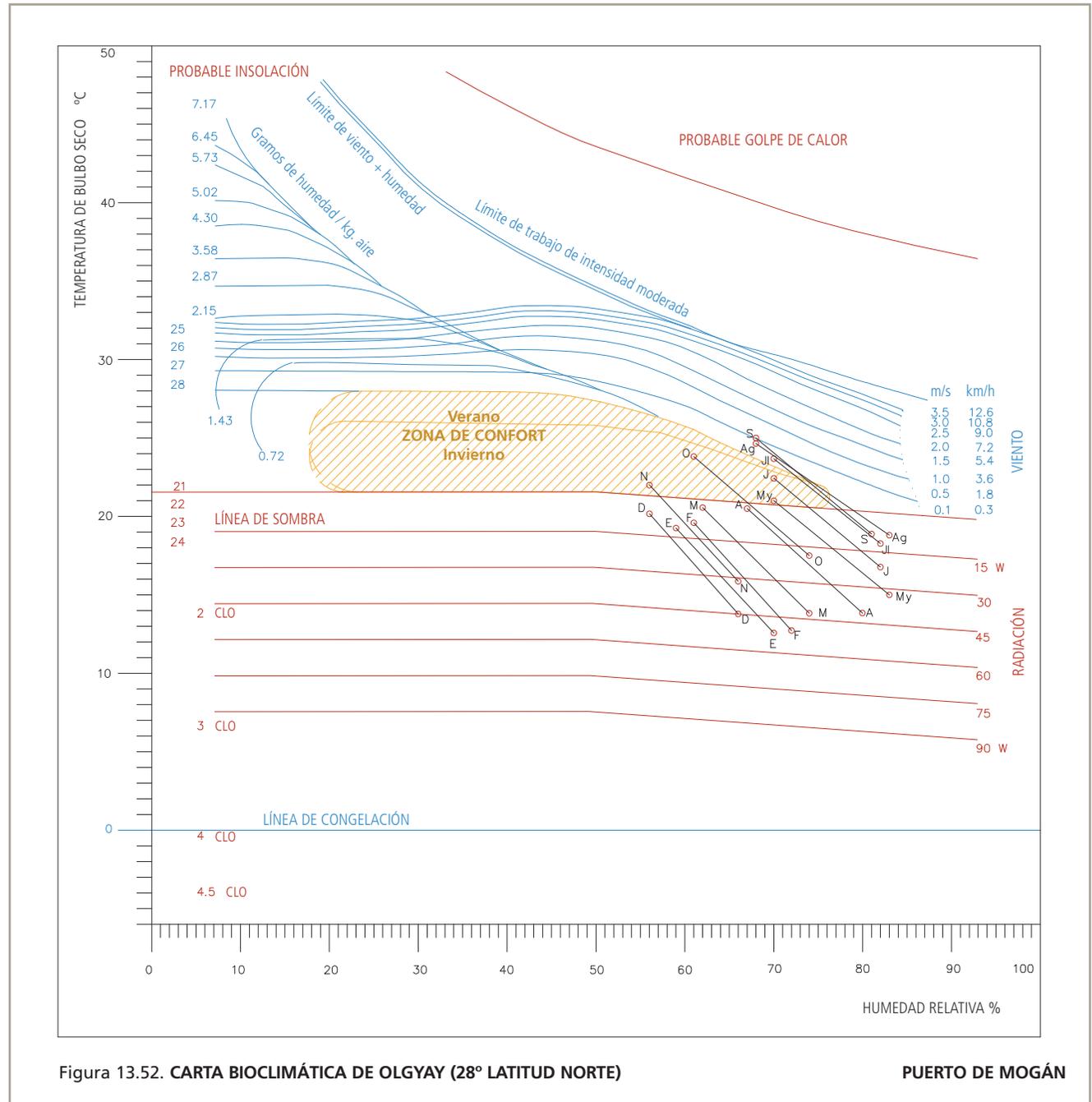


Figura 13.52. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

PUERTO DE MOGÁN

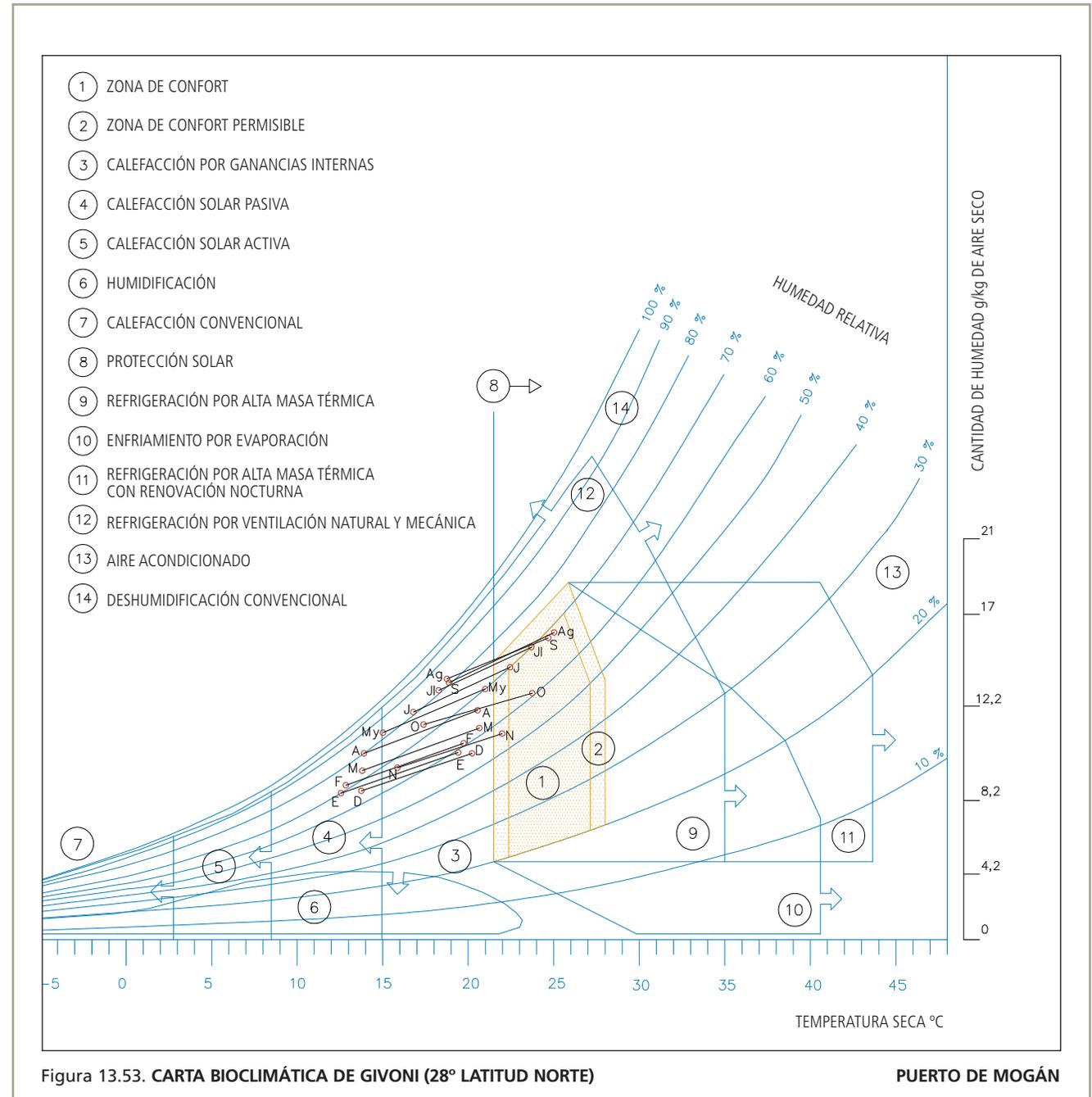
Puerto de Mogán. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 6 a 9 h.

Tiene especial importancia la correcta utilización de un aislamiento térmico adecuado, eliminando los puentes térmicos, para evitar las pérdidas de las ganancias solares obtenidas por los sistemas pasivos.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones solares se necesitarán los mediodías de junio y noviembre y durante todo el día en julio, agosto, septiembre y octubre.



Cruz de Tejada. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones se necesitaría un buen comportamiento solar pasivo de los edificios (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche durante TODOS LOS MESES DEL AÑO. Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica entre 9 a 12 h.

Los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero marzo, abril y mayo, se necesitarán además un aporte de calefacción solar activa.

Tiene especial importancia el uso adecuado de aislamiento térmico para evitar las pérdidas de la radiación solar acumulada.

Los mediodías de julio, agosto y septiembre, se debe estar a la sombra para estar en confort. Durante el resto del día de estos meses, alcanzaremos el confort simplemente con las ganancias térmicas que se producen por el solo hecho de la ocupación del inmueble.

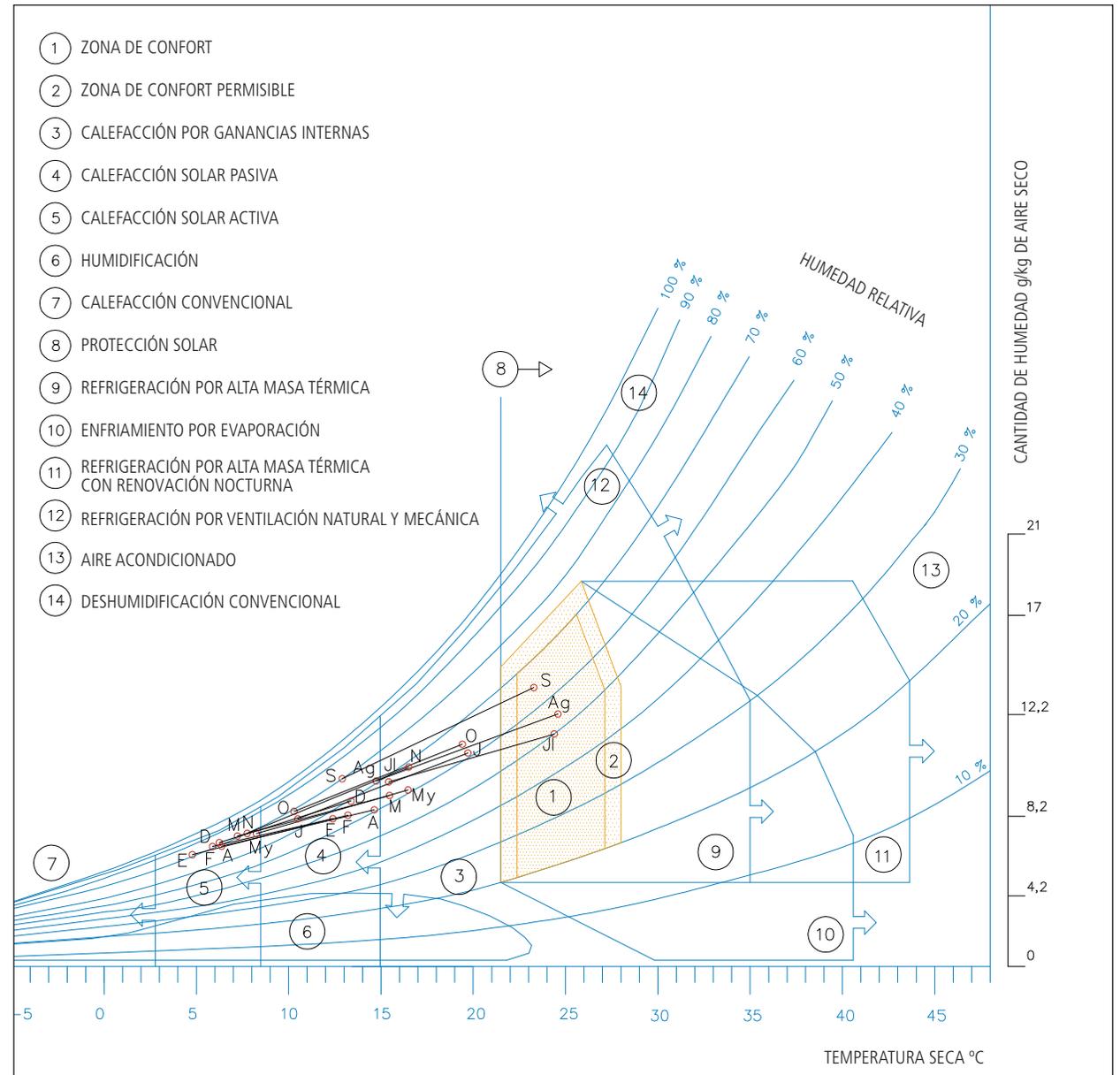


Figura 13.55. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

CRUZ DE TEJEDA

Melenara. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno con temperaturas medias mínimas superiores a los 12,9°C y medias de las máximas superiores a los 18,5°C en los meses más fríos (enero y febrero), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de marzo, abril mayo y diciembre, aún más suaves, ocurre algo similar con temperaturas medias mínimas por encima de los 14°C y máximas alrededor de los 19,8°C.

En los meses de junio y noviembre, para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar en sombra en las horas de mediodía. El resto de las horas del día es suficiente la radiación solar para la obtención de bienestar.

En julio, agosto, septiembre y octubre, para alcanzar el confort hay que permanecer a la sombra ya que se alcanzan temperaturas medias máximas superiores a los 22°C.

En algún caso del mes de agosto se podrían alcanzar temperaturas máximas absolutas en torno a los 33°C, por lo que la ventilación tendría que alcanzar velocidades del aire de hasta 4,5 m/s, tolerable para actividades al aire libre.

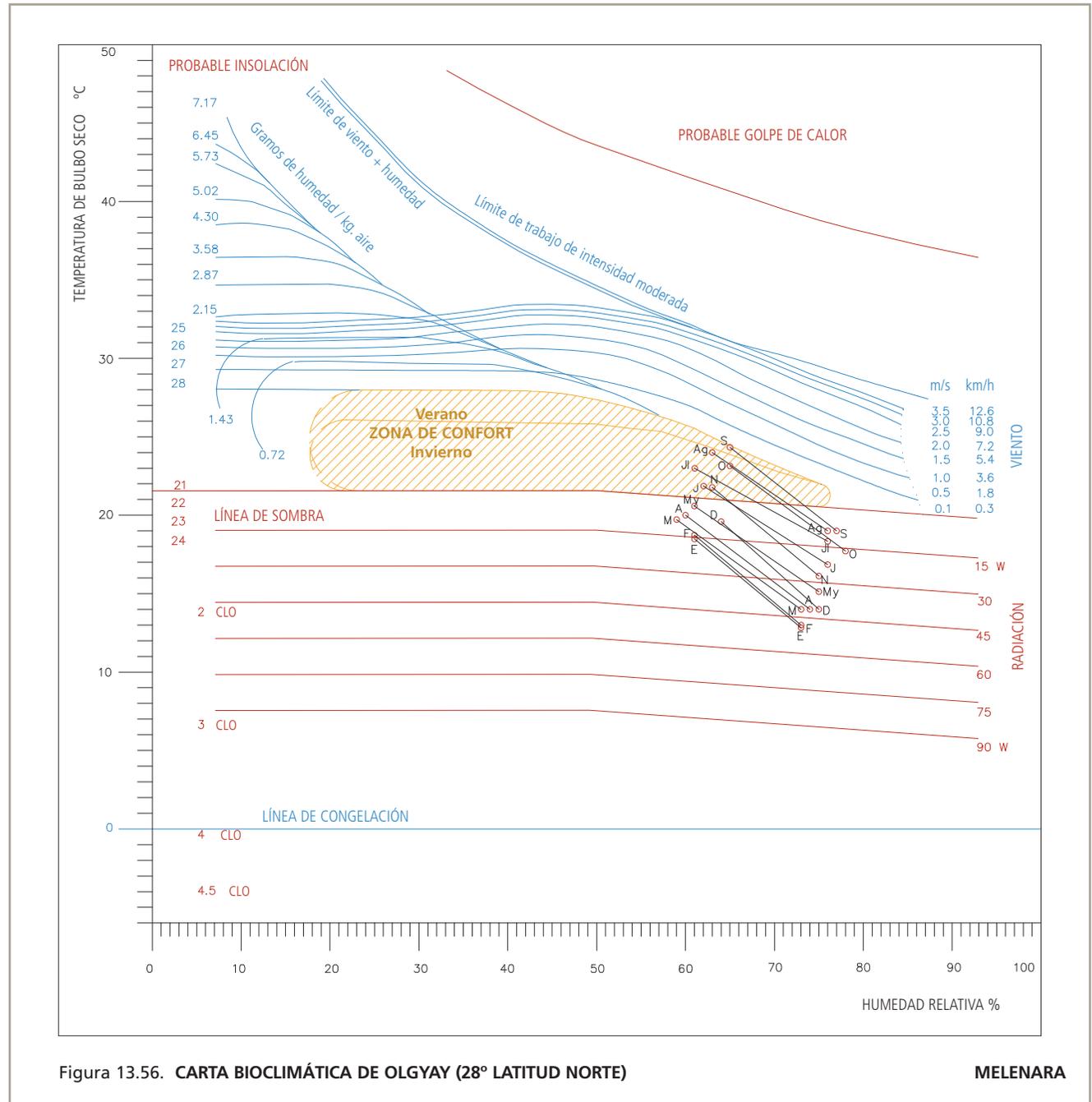


Figura 13.56. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

MELENARA

Melenara. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 6 a 9 h.

En el resto del año, en el interior de la edificación se mantenían las condiciones de confort en los momentos más fríos del día sencillamente por las ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones son necesarias los mediodías de junio, julio y noviembre y prácticamente todo el día en agosto, septiembre y octubre.

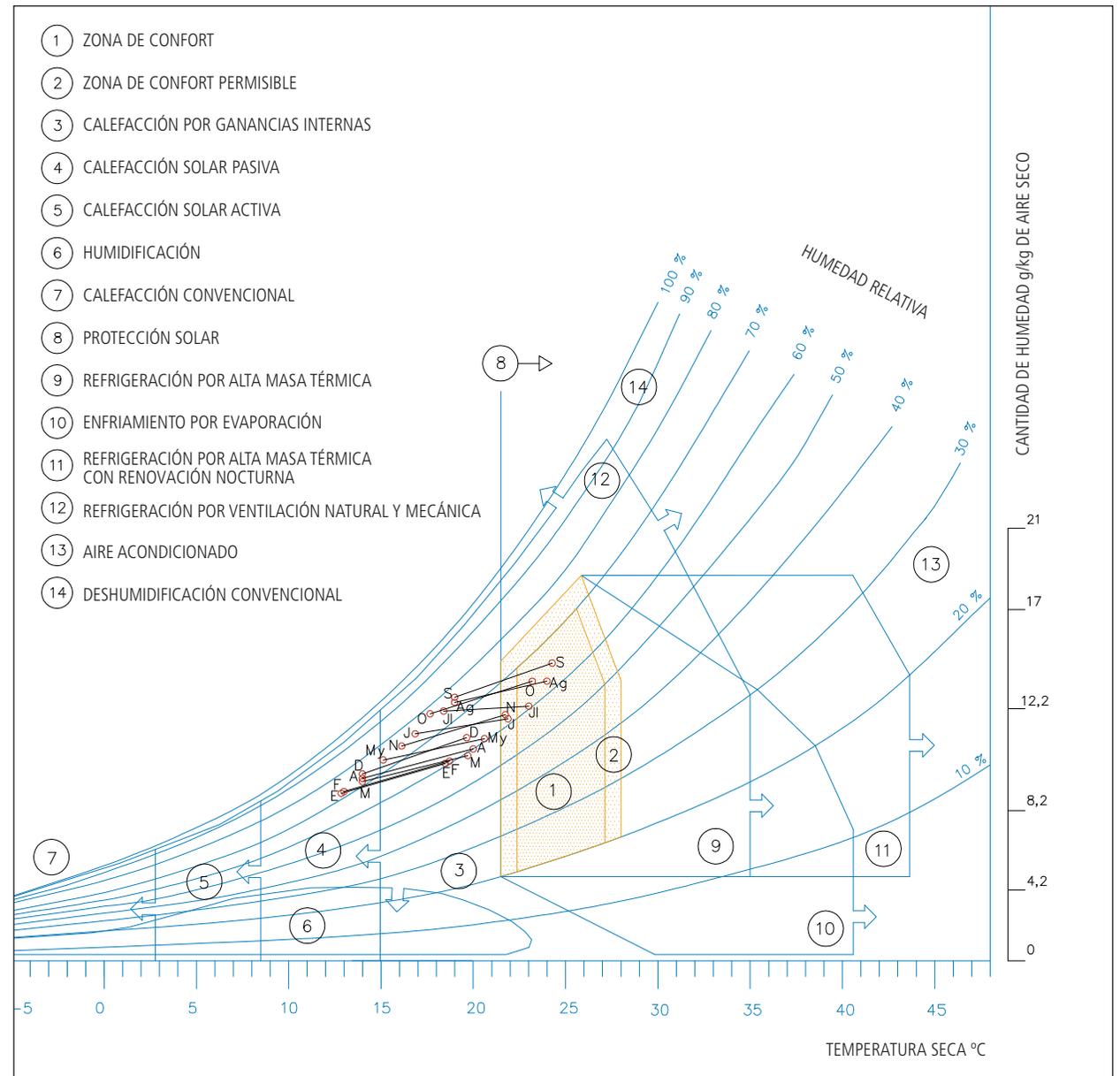


Figura 13.57. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

MELENARA

San Nicolás de Tolentino. *Carta Bioclimática de Olgay*

El invierno es muy benigno con temperaturas medias mínimas superiores a los 12,7°C y medias de las máximas superiores a los 19,3°C en los meses más fríos (enero y febrero), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para estar e condiciones de confort.

Durante los meses de marzo, abril, mayo y diciembre, aún más suaves, ocurre algo similar con temperaturas medias mínimas por encima de los 14°C y máximas alrededor de los 19.8°C.

En los meses de junio y noviembre, para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar en sombra en las horas de mediodía. El resto de las horas del día es suficiente la radiación solar para la obtención de bienestar.

En junio, julio, agosto, septiembre y octubre, para alcanzar el confort hay que permanecer a la sombra ya que se alcanzan temperaturas medias máximas superiores a los 22°C.

En algún caso del mes de agosto se podrían alcanzar temperaturas máximas absolutas en torno a los 33°C, por lo que la ventilación tendría que alcanzar velocidades del aire de hasta 4,5 m/s, tolerable para actividades al aire libre.

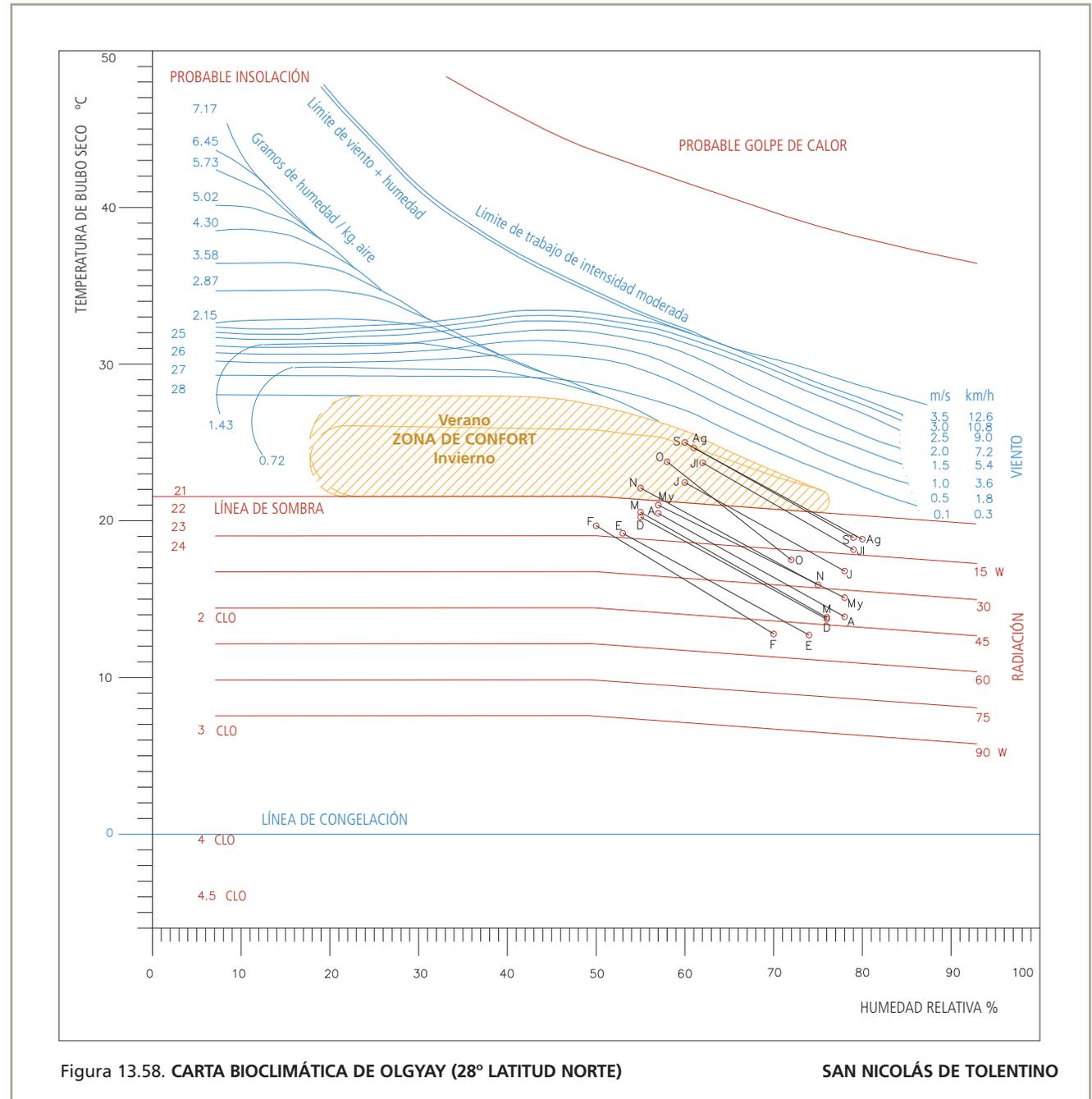


Figura 13.58. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

SAN NICOLÁS DE TOLENTINO

San Nicolás de Tolentino. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 6 a 9 h.

En el resto del año, en el interior de la edificación se mantendrían las condiciones de confort en los momentos más fríos del día sencillamente por las ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones son necesarias los mediodías de junio, julio y noviembre y prácticamente todo el día en agosto, septiembre y octubre.

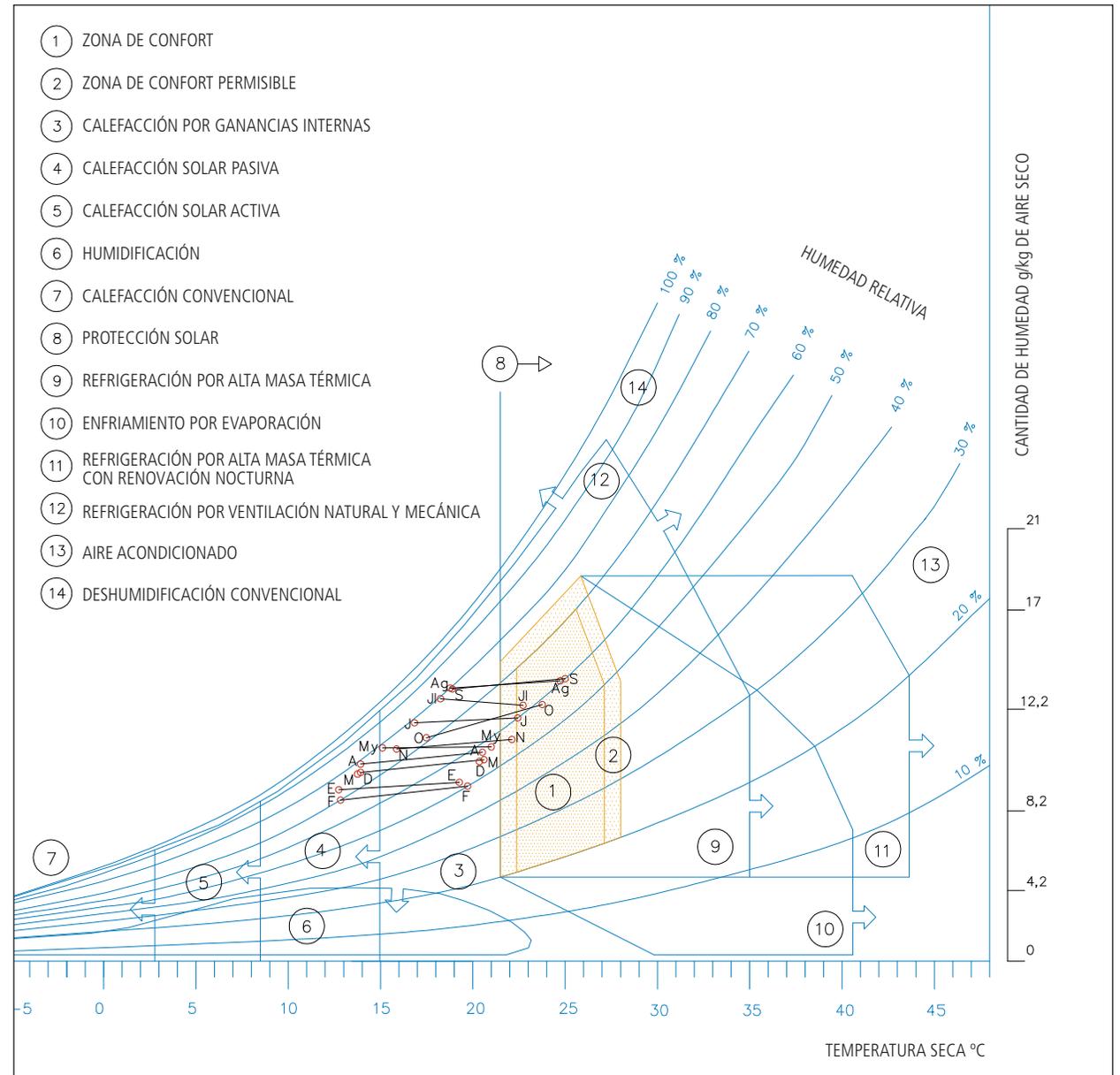


Figura 13.59. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

SAN NICOLÁS DE TOLENTINO

Temisas. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es uno de los más severos de las Islas Canarias con temperaturas medias mínimas inferiores a 8,1°C y medias de las máximas inferiores a 16,9°C. Aún así, durante el día la radiación solar es suficiente para estar en confort, en los meses más fríos (febrero, enero y diciembre). En los meses de marzo, abril, mayo y noviembre, también se precisa radiación solar, aunque en menor medida, para estar en confort.

En los meses de junio y octubre se necesitaría estar a la sombra en las horas de mediodía y en el resto de las horas del día, es suficiente la radiación solar para la obtención de bienestar.

En julio, agosto, septiembre y octubre, para alcanzar el confort, hay que permanecer a la sombra, ya que se alcanzan temperaturas medias máximas superiores a los 25°C.

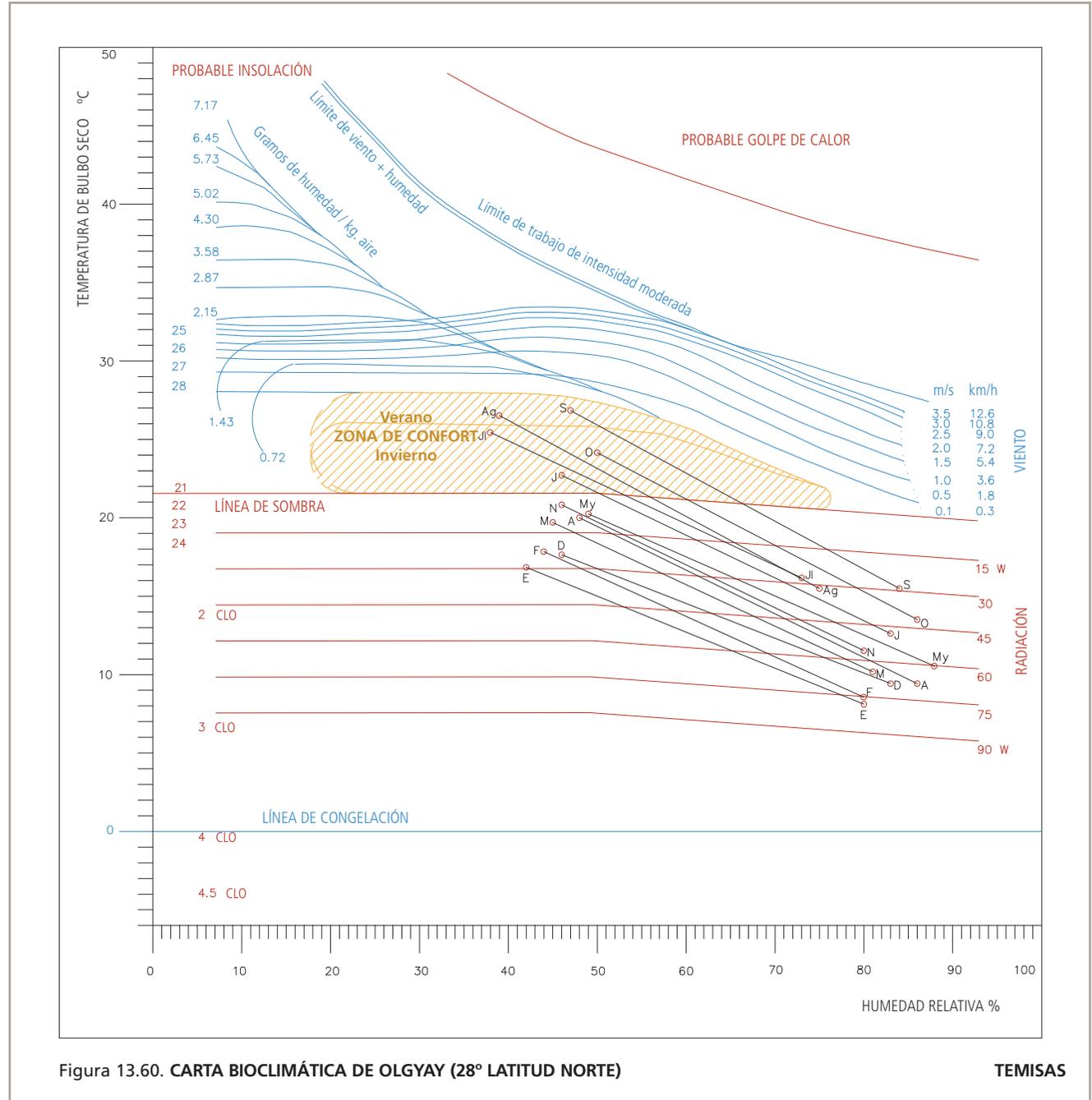


Figura 13.60. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

TEMISAS

Temisas. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica entre 9 a 12 h.

Durante el mes de enero, se necesitarán también puntualmente calefacción solar activa.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones solares se necesitarán los mediodías de junio y durante todo el día en julio, agosto, septiembre y octubre.

TENERIFE

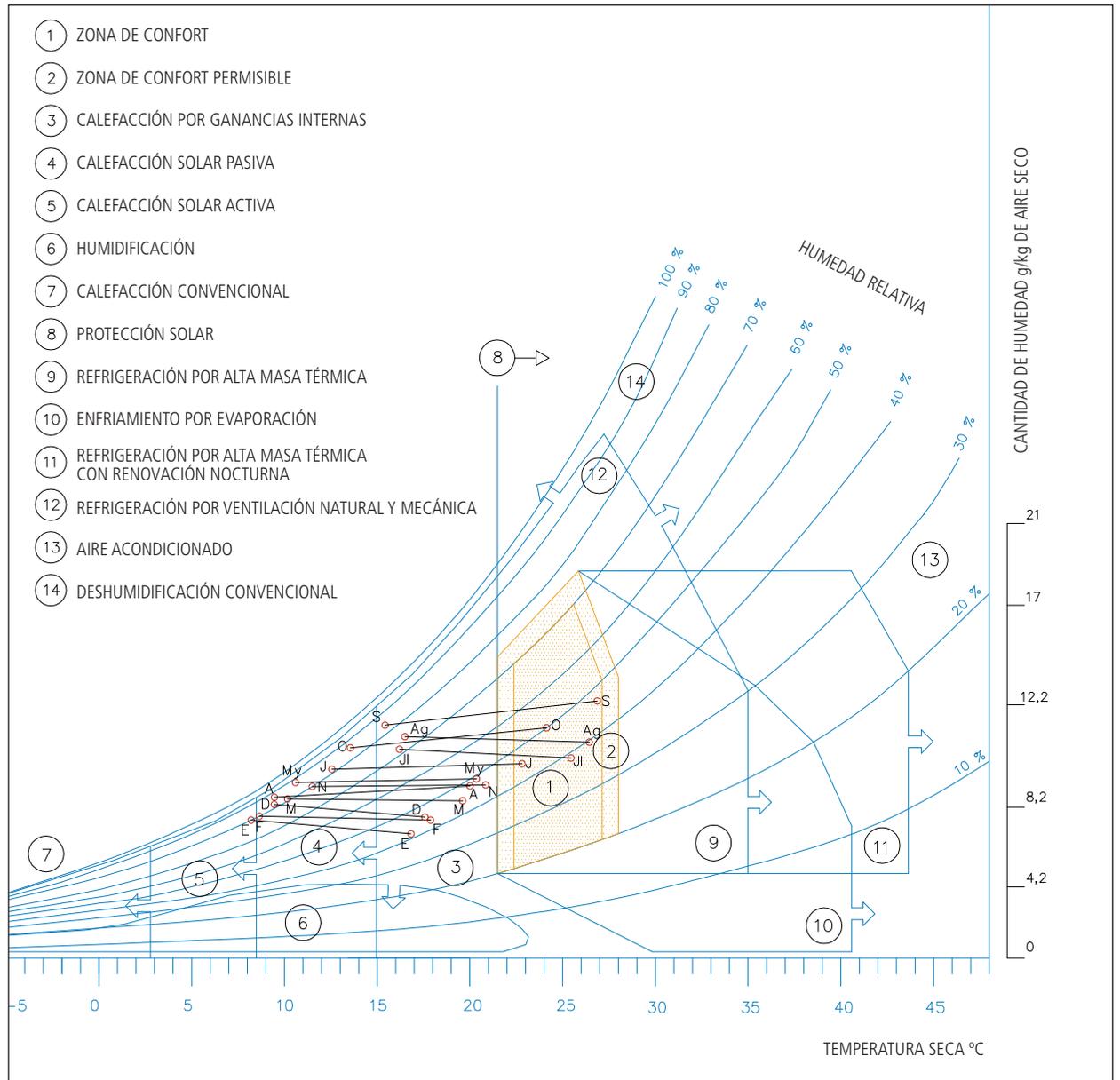


Figura 13.61. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

TEMISAS

Santa Cruz de Tenerife. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno con temperaturas medias mínimas superiores a los 14,2°C y medias de las máximas superiores a los 19,7°C en los meses más fríos (enero y febrero), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de marzo, abril y diciembre, aún más suaves, ocurre algo similar con temperaturas medias mínimas por encima de los 15°C y máximas alrededor de los 21°C.

En los meses de mayo y noviembre, para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar en sombra en las horas de mediodía. El resto de las horas del día es suficiente la radiación solar para la obtención de bienestar.

En junio, julio, agosto, septiembre y octubre, para alcanzar el confort hay que permanecer a la sombra ya que se alcanzan temperaturas medias máximas superiores a los 24°C.

En agosto y septiembre se necesitaría, además de estar a la sombra, un movimiento de aire en torno a 0,1 m/s.

En algún caso del mes de agosto se podrían alcanzar temperaturas máximas absolutas en torno a los 33°C, por lo que la ventilación tendría que alcanzar velocidades del aire de hasta 4,5 m/s, tolerable para actividades al aire libre.

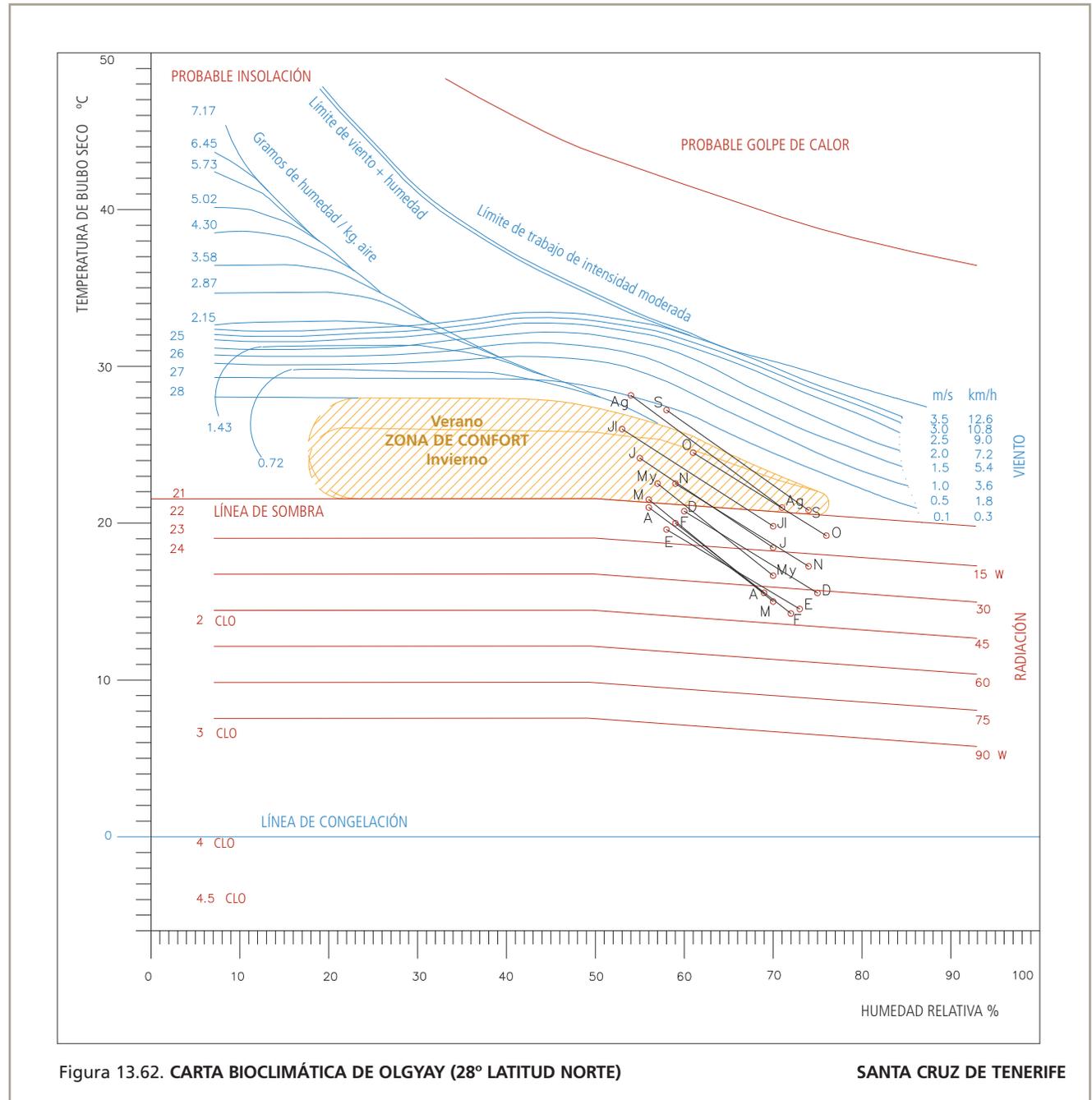


Figura 13.62. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

SANTA CRUZ DE TENERIFE

Santa Cruz de Tenerife. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de enero, febrero y marzo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche.

Esta misma inercia térmica unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort interior durante los meses más cálidos y húmedos del año (agosto y septiembre) y deberá producir un desfase de la onda calorífica de 6 a 9 h.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

En el resto del año, en el interior de la edificación se mantendrían las condiciones de confort en los momentos más fríos del día sencillamente por las ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con unas protecciones solares adecuadas.

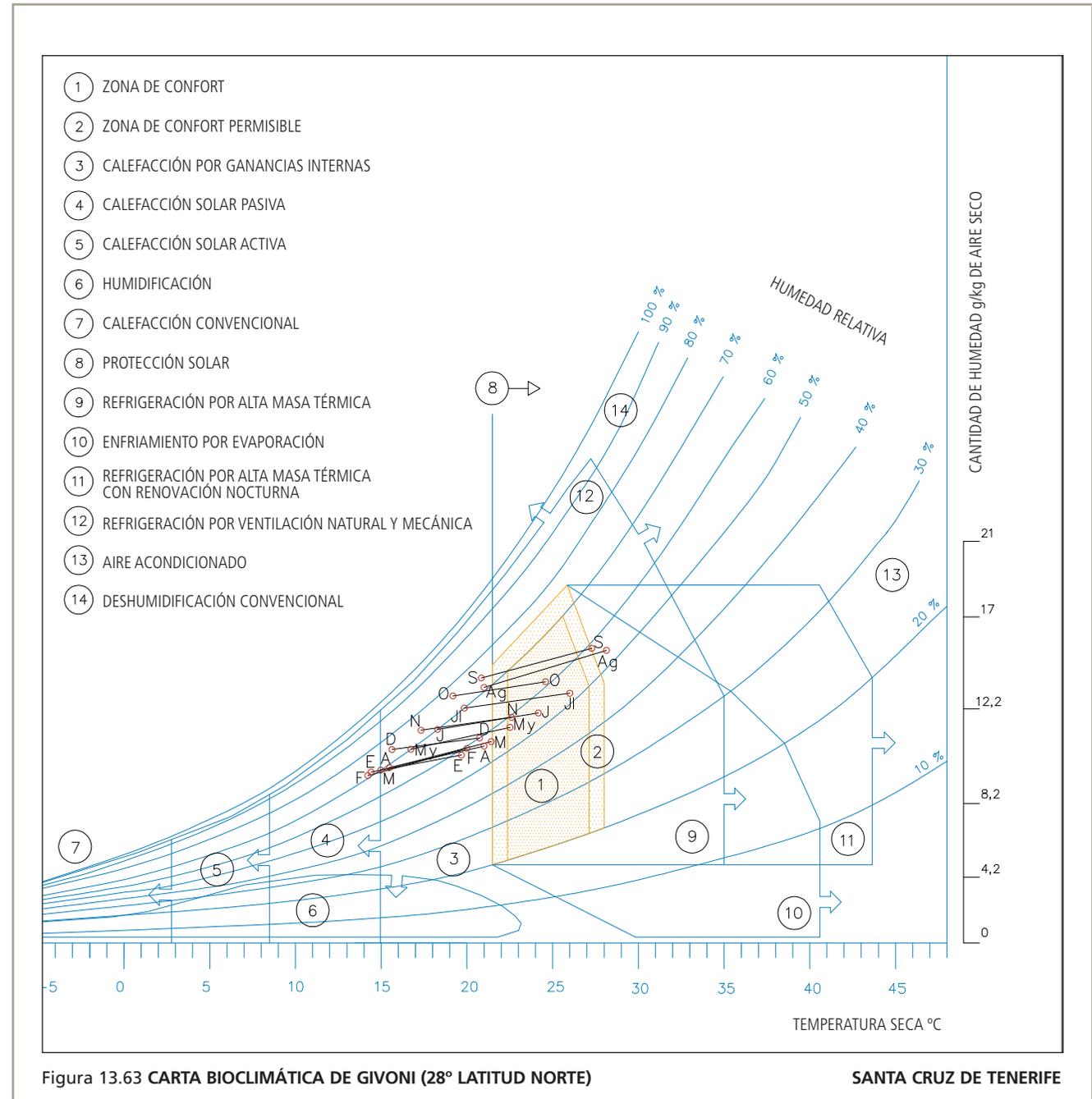


Figura 13.63 CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

SANTA CRUZ DE TENERIFE

La Laguna. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica de unas 6 a 9 h.

Tiene especial importancia la correcta utilización de un aislamiento térmico adecuado, eliminando los puentes térmicos, para evitar las pérdidas de las ganancias solares obtenidas por los sistemas pasivos.

En el resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas. Estas protecciones serían necesarias los mediodías de junio y octubre y durante todo el día los meses de julio agosto y septiembre.

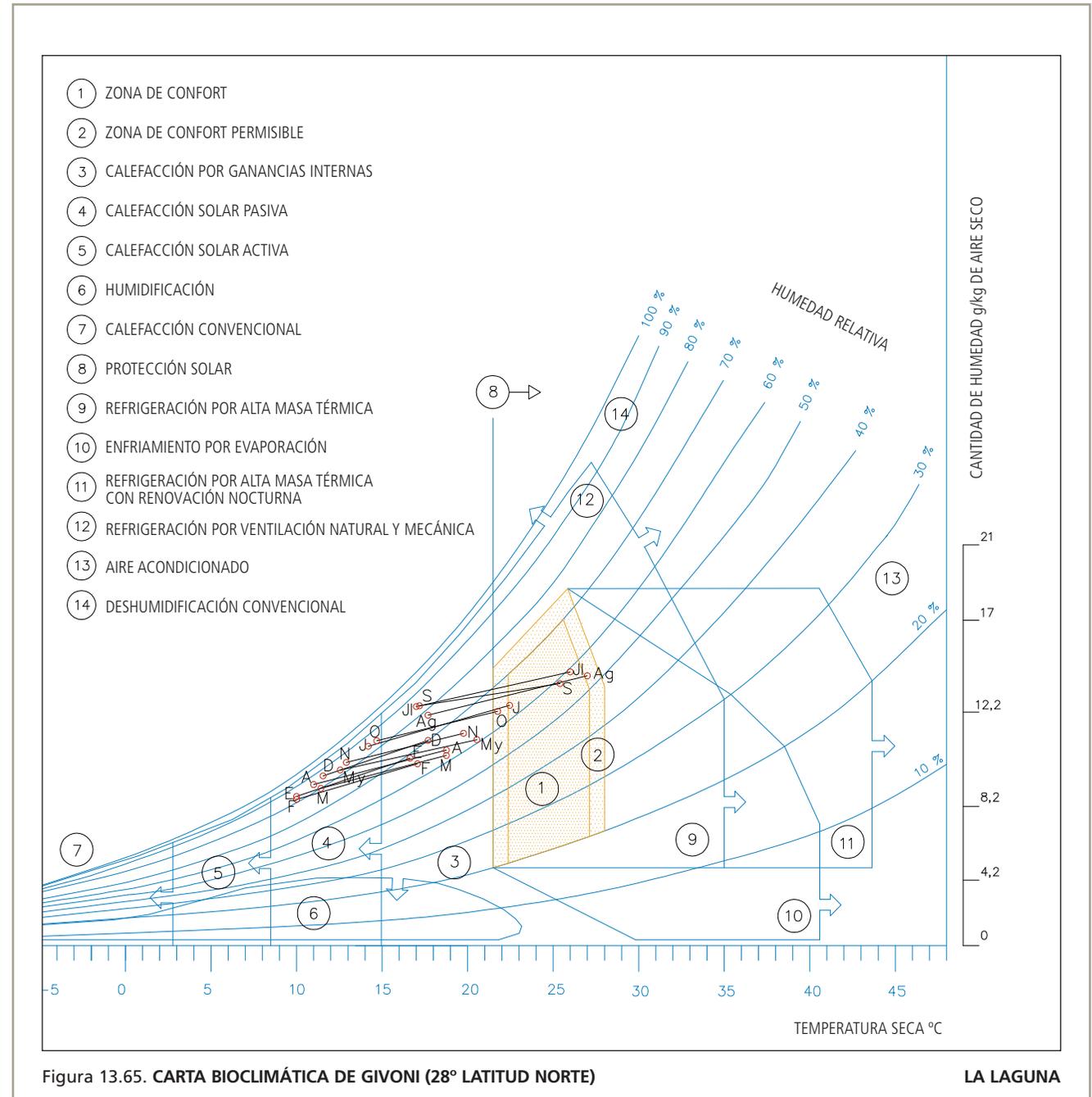


Figura 13.65. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

LA LAGUNA

Puerto de La Cruz. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno, con temperaturas medias mínimas superiores a los 12,4°C y medias de las máximas superiores a los 19°C en los meses más fríos (enero y febrero) de modo que, durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de marzo, abril, diciembre y mayo, aún más suaves, ocurre algo similar con temperaturas medias mínimas superiores a los 13°C y máximas en torno a los 20°C

En los meses de noviembre y junio, para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar en sombra durante las horas de medio día. En el resto de las horas del día es suficiente la radiación solar para la obtención del bienestar.

En julio, agosto, septiembre y octubre hay que permanecer a la sombra ya que se alcanzan temperaturas medias máximas superiores a los 24°C.

Durante los meses de julio, agosto y septiembre se necesitaría, además de la sombra, una velocidad del aire de 0,1 m/s para julio, 0,3 m/s para septiembre y 1 m/s para agosto.

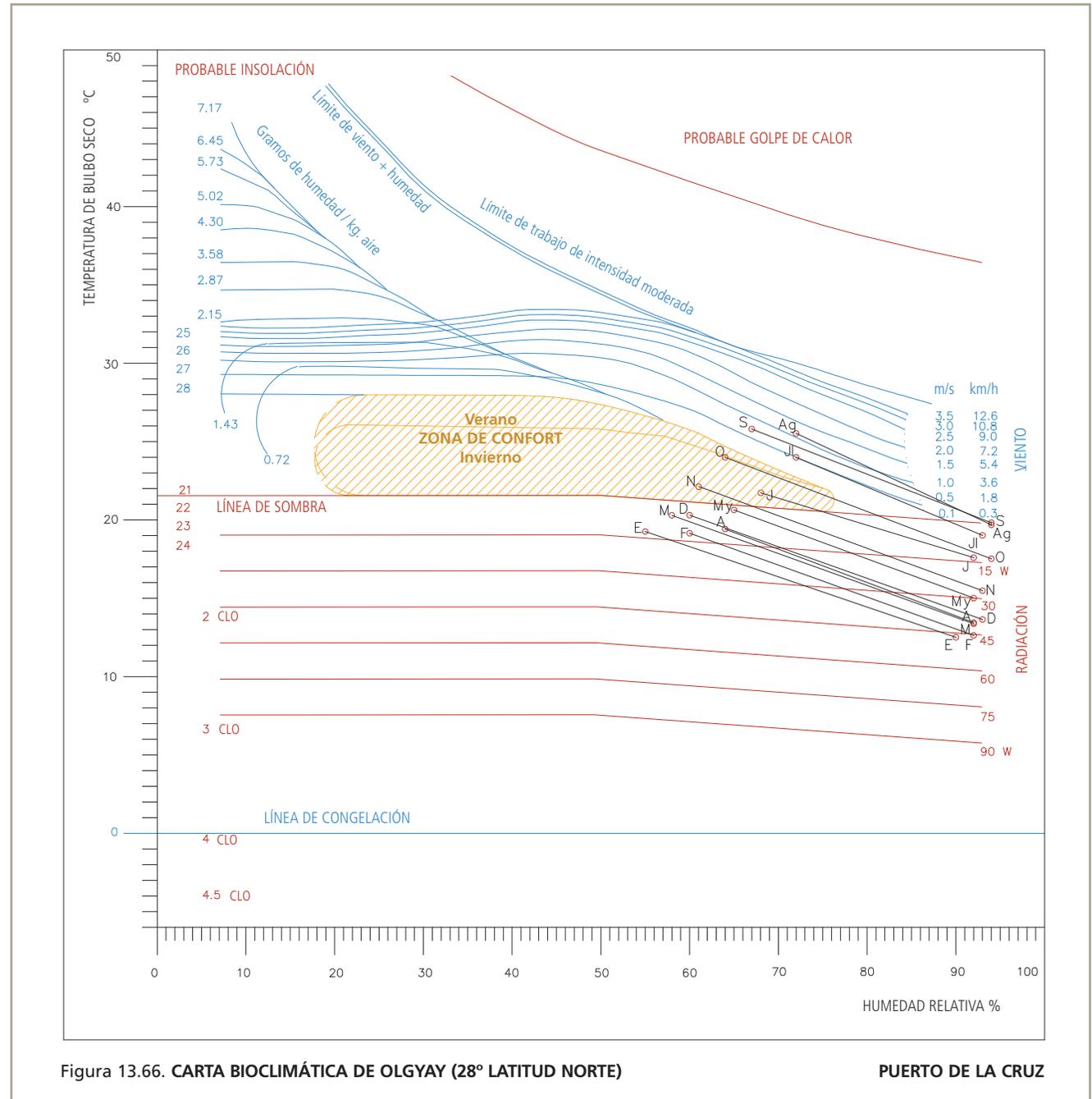


Figura 13.66. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

PUERTO DE LA CRUZ

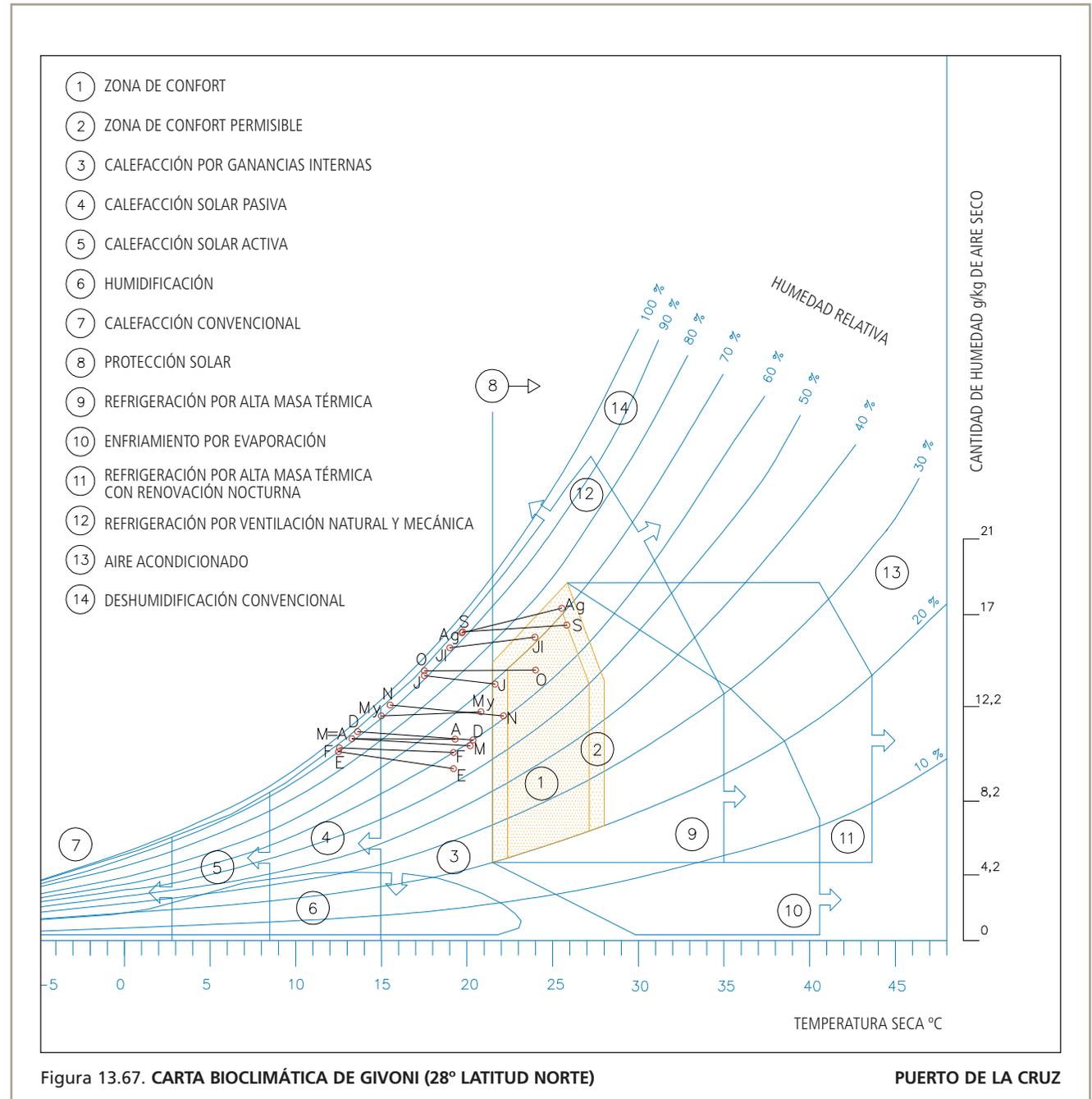
Puerto de La Cruz. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica entre 6 a 9 h.

Tiene especial importancia la correcta utilización de un aislamiento térmico adecuado, eliminando los puentes térmicos, para evitar las pérdidas de las ganancias solares obtenidas por los sistemas pasivos.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día con unas protecciones solares adecuadas.

Dichas protecciones solares se necesitarán los mediodías de junio y noviembre y durante todo el día en julio, agosto, septiembre y octubre.



Granadilla. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es moderadamente benigno con temperaturas medias mínimas superiores a 10,9°C y medias de las máximas superiores a 18,4°C en los meses más fríos (enero y febrero). Durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de noviembre, diciembre, marzo y abril, aún más suaves, ocurre algo similar, con temperaturas medias mínimas superiores a los 12,1°C y máximas en torno a los 19-21°C.

En los meses de mayo y junio, para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar a la sombra a mediodía. El resto de las horas del día, es suficiente la radiación solar para la obtención de bienestar.

En julio, agosto, septiembre y octubre se debe estar a la sombra todo el día ya que se alcanzan temperaturas superiores a los 27,4°C.

En septiembre se necesitarán además de la protección solar, una velocidad del aire de 0,1 m/s.

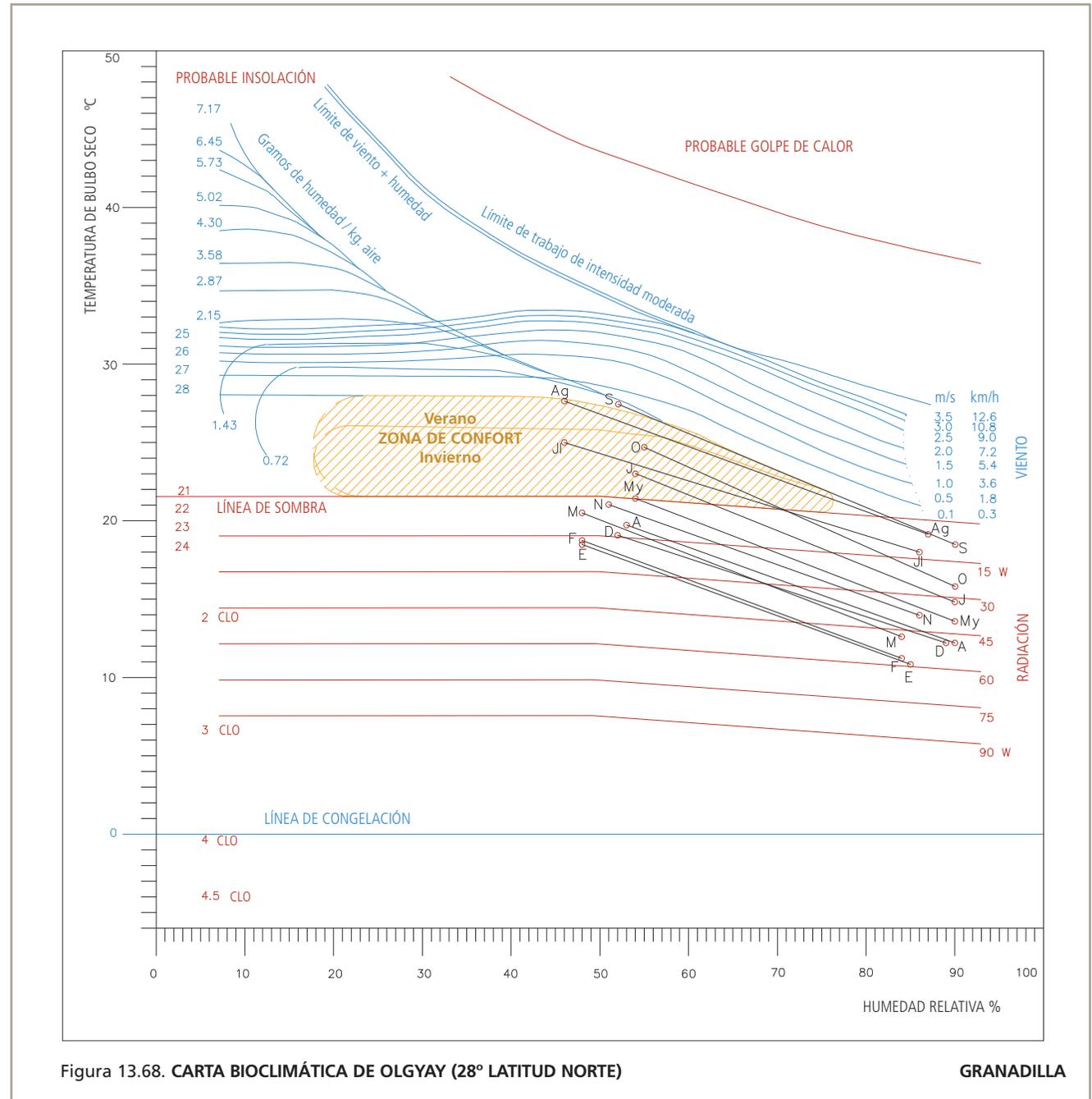


Figura 13.68. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

GRANADILLA

El Médano. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es muy benigno con temperaturas medias mínimas superiores a los 15°C y medias de las máximas superiores a los 20°C en los meses más fríos (enero y febrero), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de febrero, marzo, abril y diciembre, aún más suaves, ocurre algo similar, con temperaturas medias mínimas por encima de los 15°C y máximas alrededor de 22°C. Estas últimas requieren igualmente estar a la sombra a medio día para estar en condiciones de confort.

En los meses de mayo, junio y noviembre, para estar en confort se necesitaría estar en sombra prácticamente todo el día. Durante la noche se necesitarán ropa de abrigo ligero.

En julio, agosto, septiembre y octubre, para alcanzar el confort hay que permanecer a la sombra, ya que se alcanzan temperaturas medias máximas entre 25°C y 28,5°C, necesitando, además, para estar en confort, una velocidad de aire durante casi todo el día de 0,7 a 1,5 m/s.

En algunos casos, en el mes de agosto o septiembre se podrían alcanzar temperaturas máximas absolutas en torno a los 33,5°C, por lo se necesitarán velocidades del aire de hasta 1,5 m/s, velocidad perfectamente tolerable para actividades al aire libre.

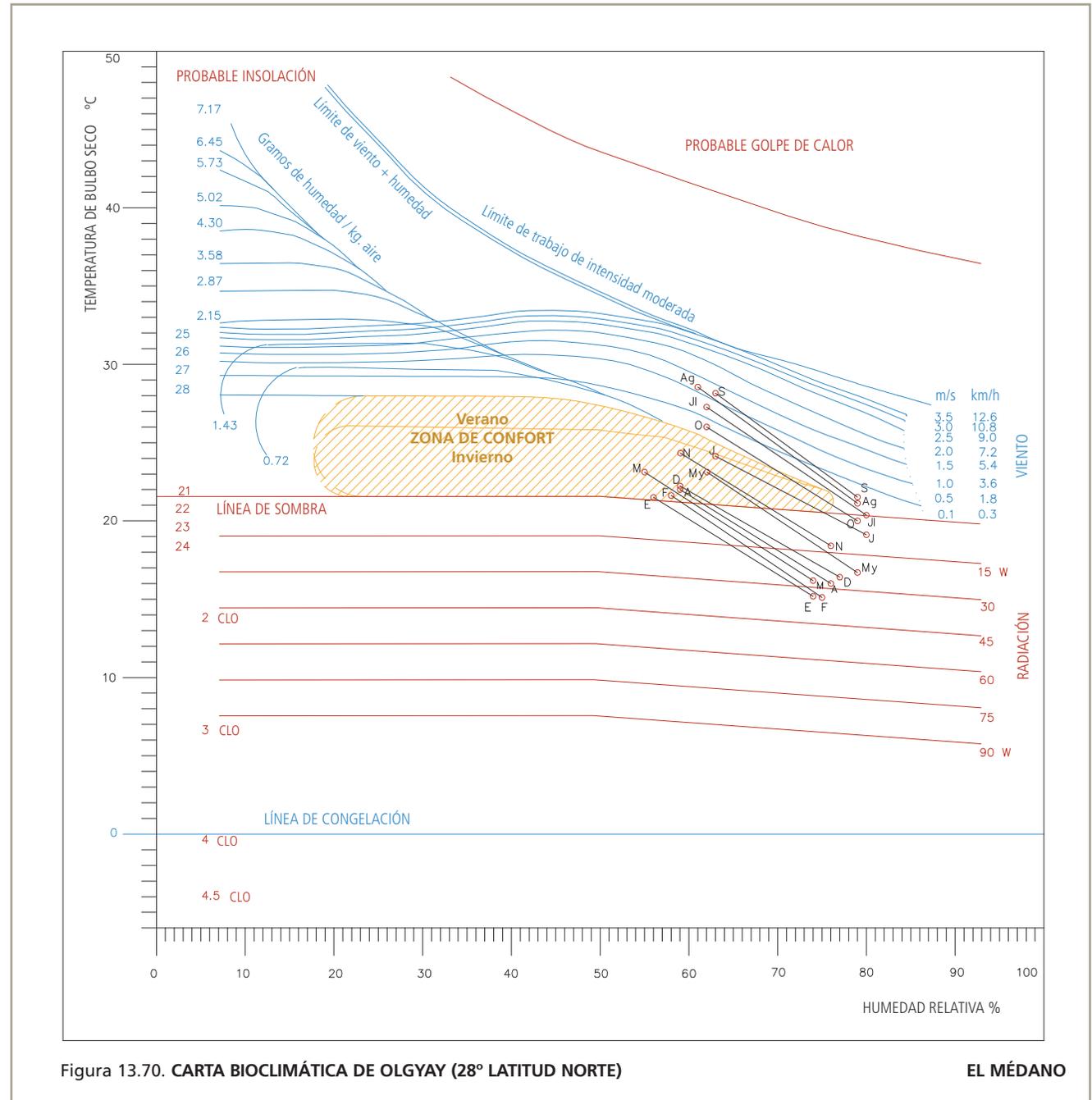


Figura 13.70. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

EL MÉDANO

El Médano. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de enero y febrero, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche.

Esta misma inercia térmica, unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort interior durante los meses más cálidos y húmedos del año (julio, agosto y septiembre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica entre 6 a 9 h.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

En el resto del año, es decir, los meses de marzo, abril, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre, en el interior de la edificación se mantendrían las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con unas protecciones solares adecuadas.

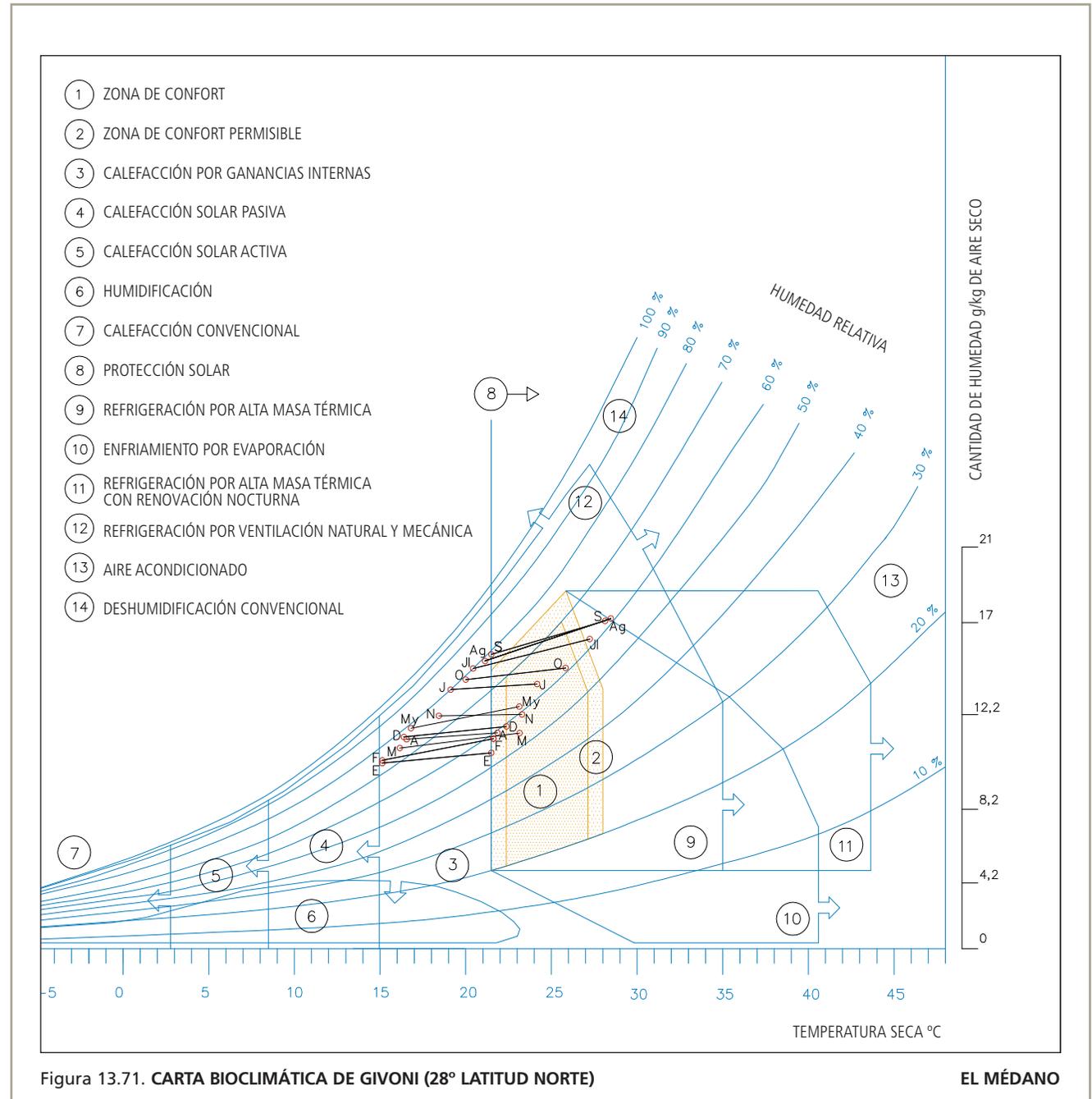


Figura 13.71. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

EL MÉDANO

Las Américas. Carta Bioclimática de Givoni

Una adecuada inercia térmica unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort durante los meses más cálidos del año (julio, agosto y septiembre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica de 6 h.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por las ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos, con unas protecciones solares adecuadas.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

Las protecciones solares en este caso serán necesarias todos los meses del año.

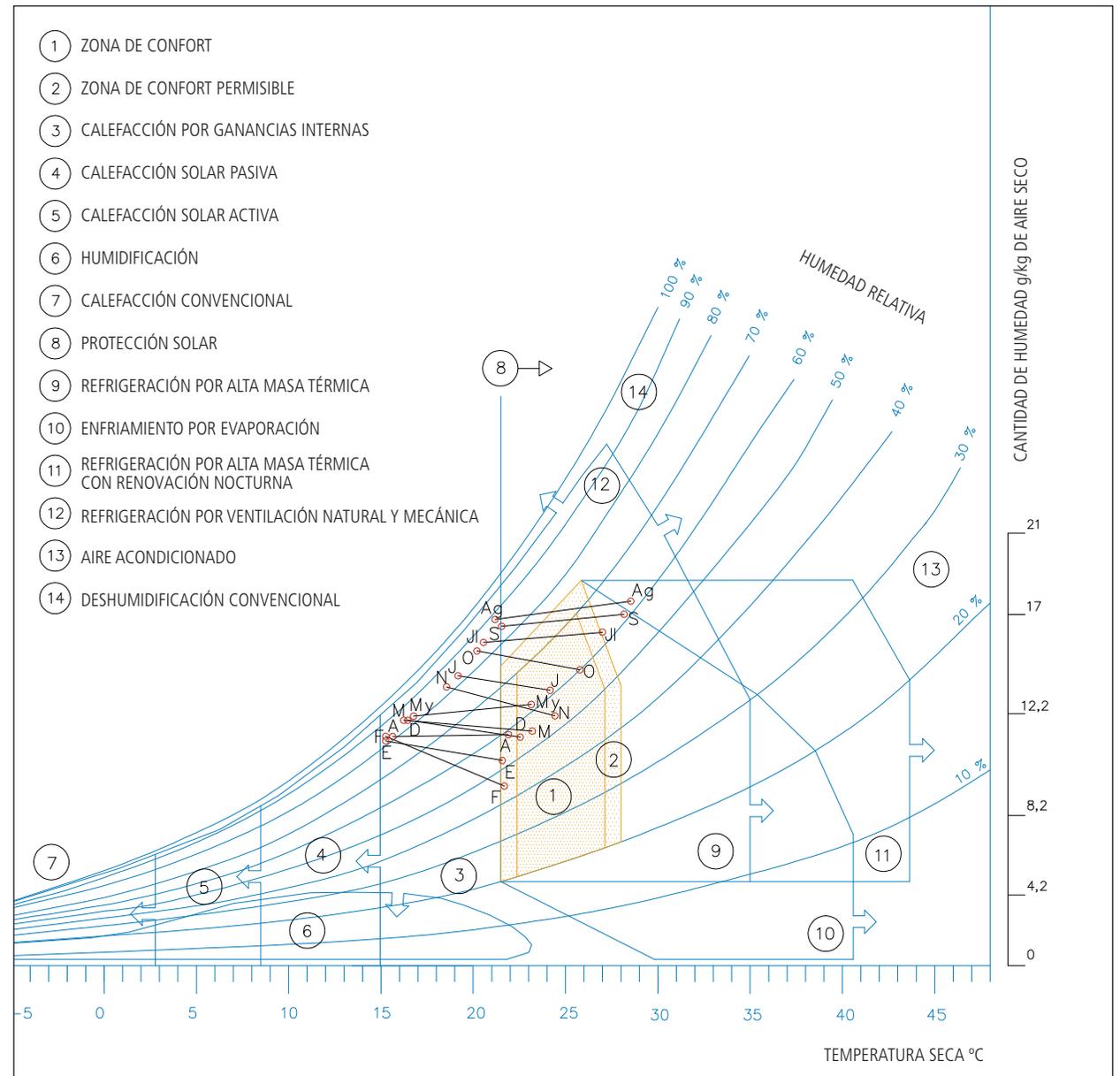


Figura 13.73. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

LAS AMÉRICAS

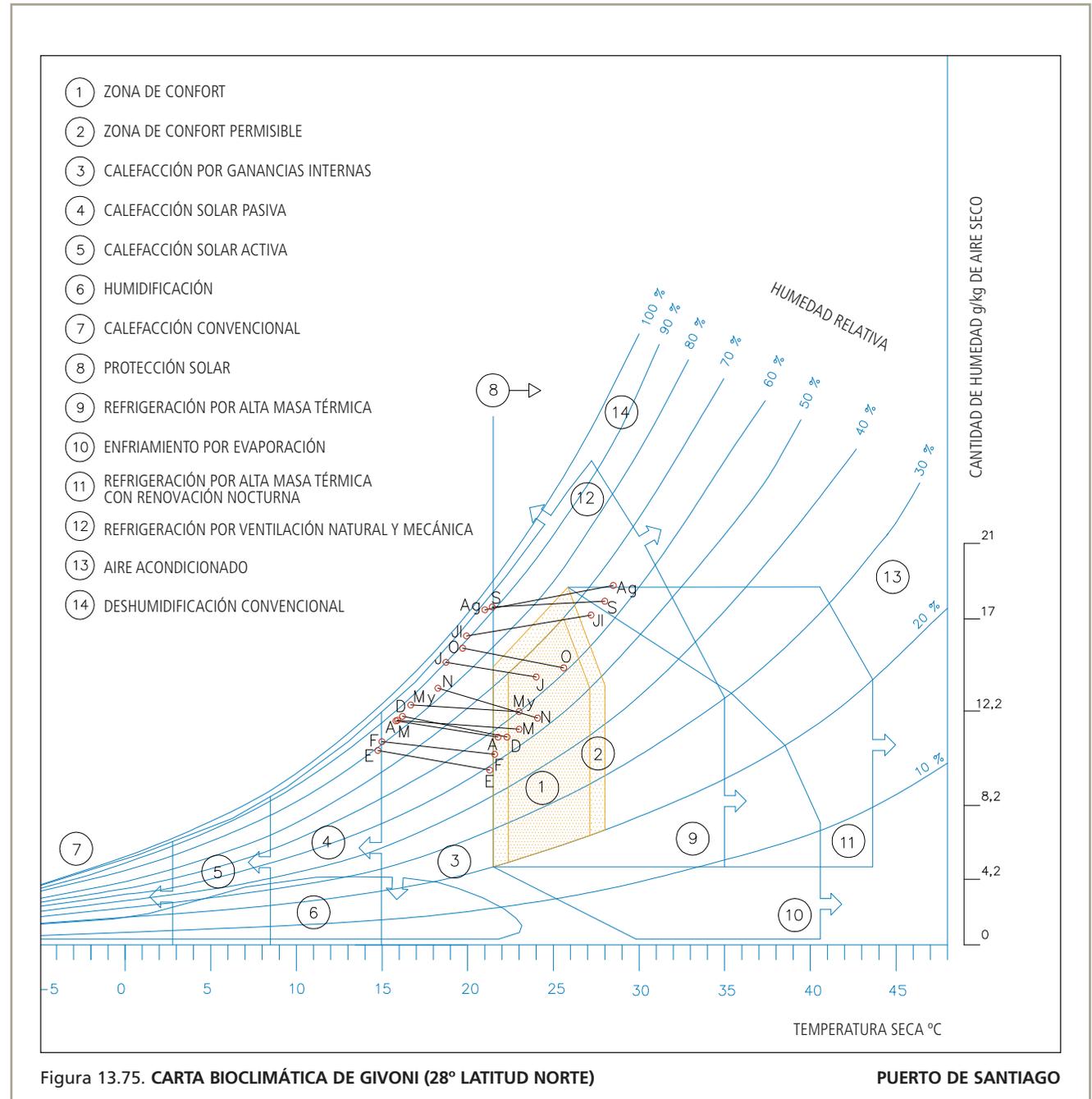
Puerto de Santiago. Carta Bioclimática de Givoni

Para obtener las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de enero y febrero, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche.

Esa misma inercia térmica, unida a un diseño que favorezca la ventilación necesaria, conseguirá el confort durante los meses más cálidos y húmedos del año (julio, agosto y septiembre). Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica de unas 9 a 12 h.

Vistas las condiciones del verano, es muy importante el uso de aislamiento térmico, teniendo especial importancia el de la cubierta del edificio.

En el resto de los meses, bastará disponer unas adecuadas protecciones solares durante los momentos más cálidos del día, ya que en los momentos más fríos del día se mantendrán las condiciones de confort sencillamente por las ganancias térmicas debidas a la ocupación.

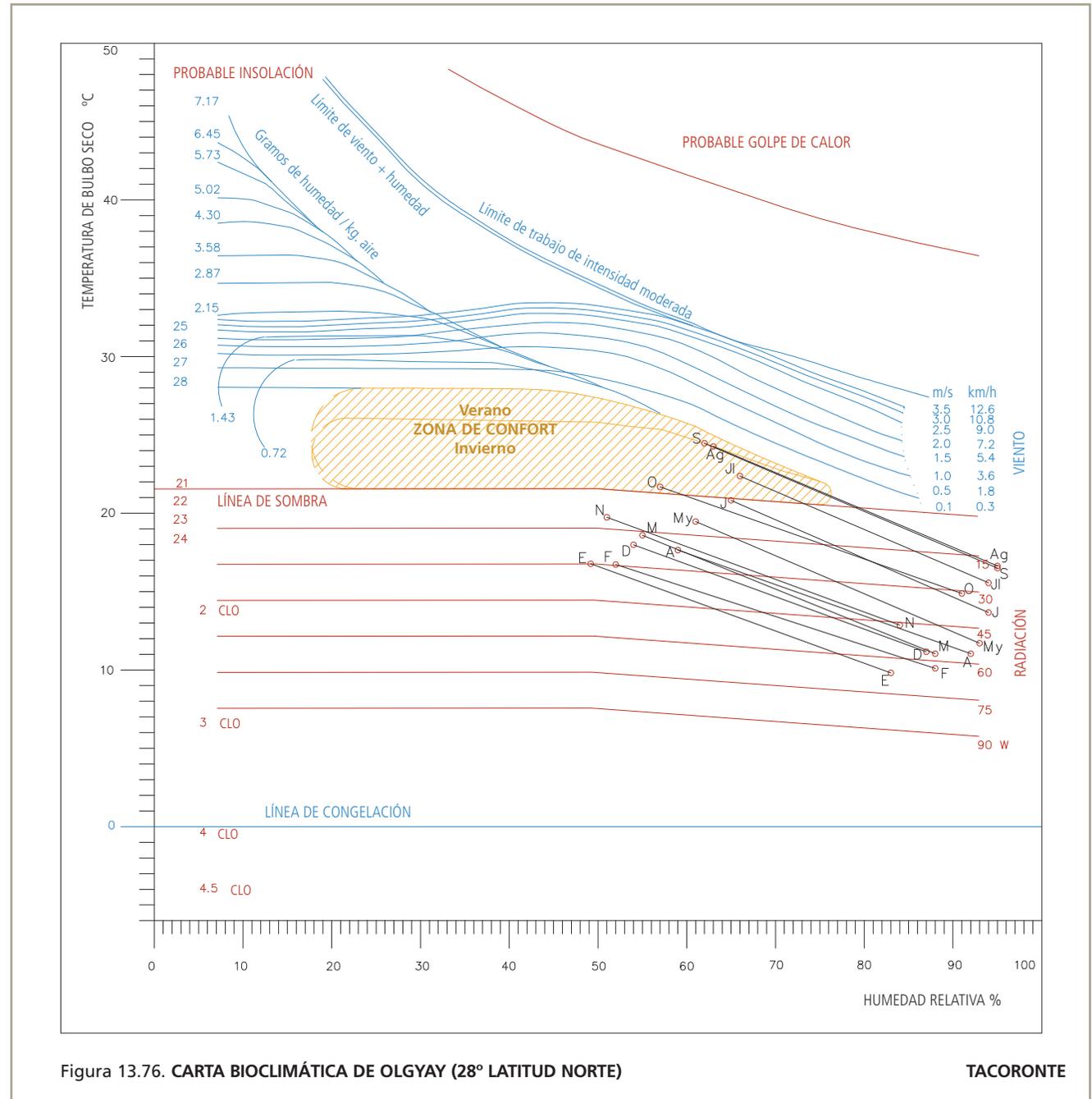


Tacoronte. *Carta Bioclimática de Olgay*

El invierno es uno de los más severos de las Islas Canarias con temperaturas medias mínimas inferiores a 10,1°C y medias máximas inferiores a los 17°C (enero y febrero). Aún así, durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en confort y se necesitaría todo el día durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio.

En el mes de octubre se necesitará estar a la sombra a mediodía y durante julio, agosto y septiembre, protecciones solares durante las horas centrales del día, especialmente en septiembre.

Ocasionalmente, se necesitarán velocidades del aire en estos meses de 0,1 m/s.



Tacoronte. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 9 a 12 h.

Tiene especial importancia la correcta utilización de un aislamiento térmico adecuado, eliminando los puentes térmicos, para evitar las pérdidas de las ganancias solares obtenidas por los sistemas pasivos.

En el resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día con unas protecciones solares adecuadas. Estas protecciones serán necesarias los mediodías de julio y octubre y todo el día en agosto y septiembre.

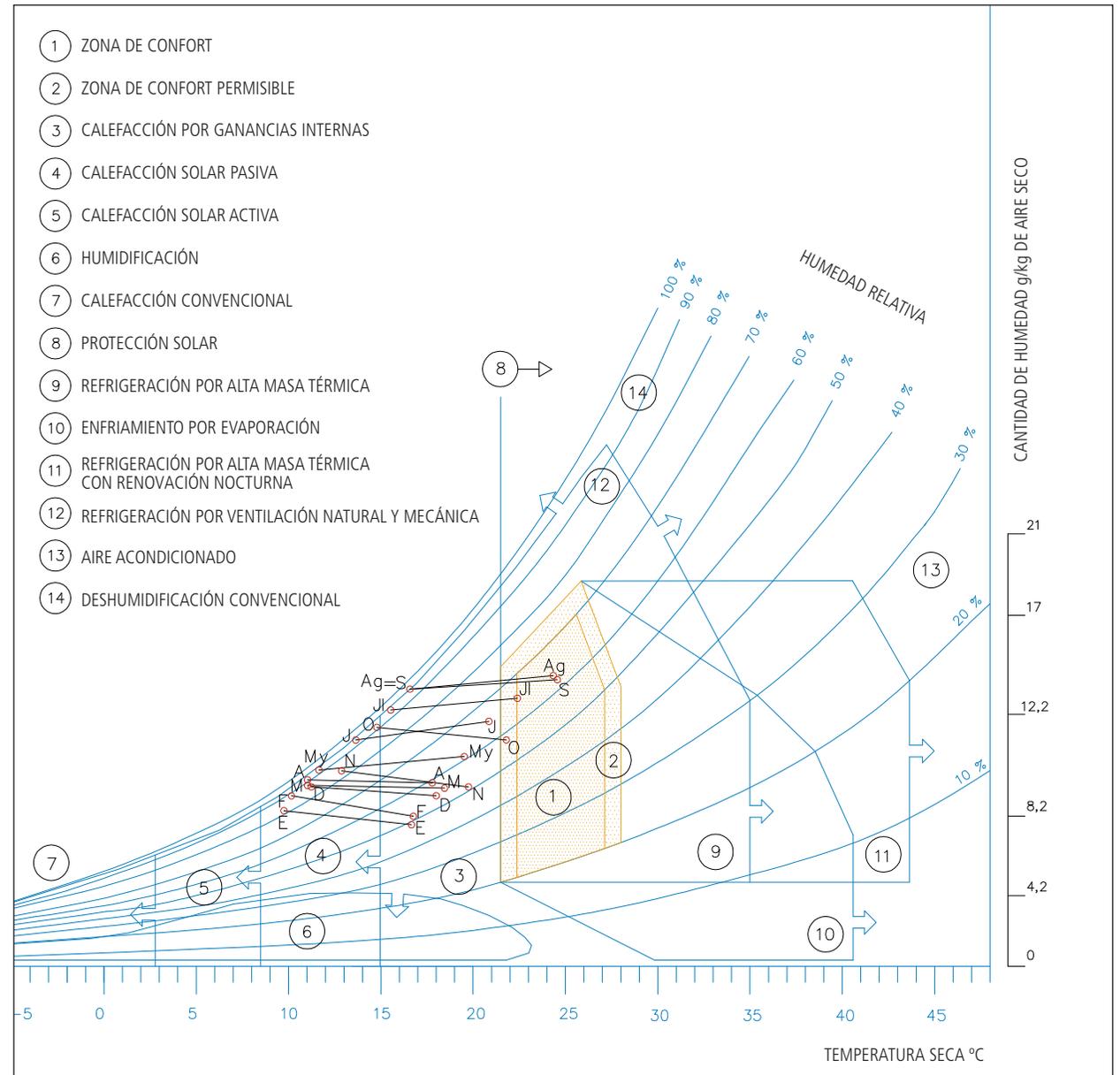


Figura 13.77. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

TACORONTE

La Esperanza. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es el más severo de los climas estudiados para la isla de Tenerife, con temperaturas medias mínimas en torno a los 7°C y medias máximas en torno a los 15°C durante los meses más fríos (enero y febrero), por lo que se necesitarán importantes aportes solares durante todo el día. Lo mismo ocurre aunque en menor medida en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio.

Sólo se necesitará estar a la sombra en las horas centrales del día de los meses de julio, agosto y septiembre.

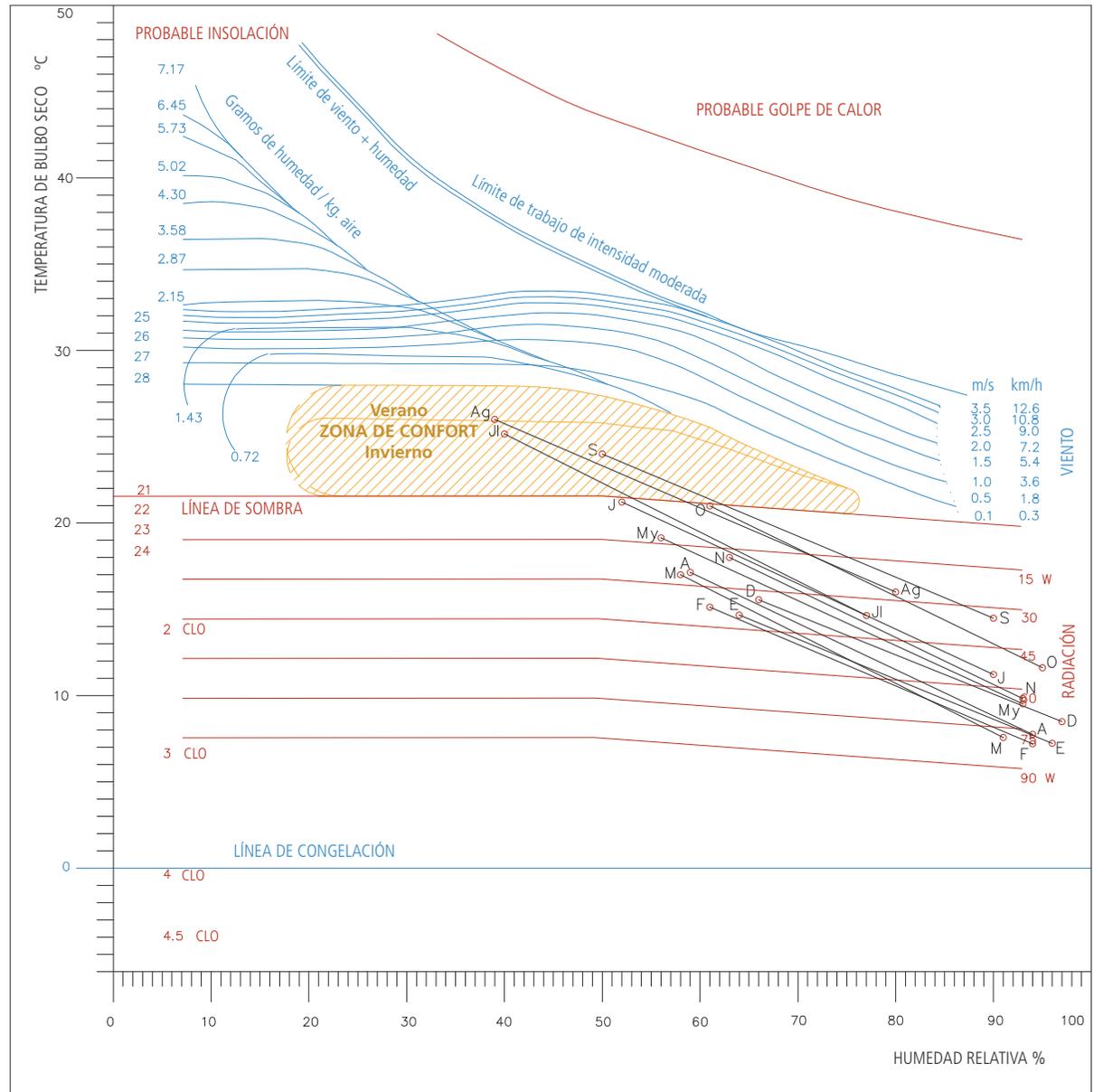


Figura 13.78. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

LA ESPERANZA

La Esperanza. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones se necesitará un buen comportamiento solar pasivo de los edificios (inercia térmica) capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche durante los meses de octubre, noviembre, diciembre, marzo, mayo, junio. Esta inercia deberá producir un desfase de la onda calorífica de 9 a 12 h.

Los meses de enero, febrero y abril se necesitará, además, un aporte de calefacción solar activa.

Tiene especial importancia el uso adecuado de aislamiento térmico para evitar las pérdidas de la radiación solar acumulada.

Los mediodías de julio, agosto y septiembre, se debe estar a la sombra para estar en confort. Durante el resto del día de estos meses, alcanzaremos el confort simplemente con las ganancias térmicas que se producen por el solo hecho de la ocupación del inmueble.

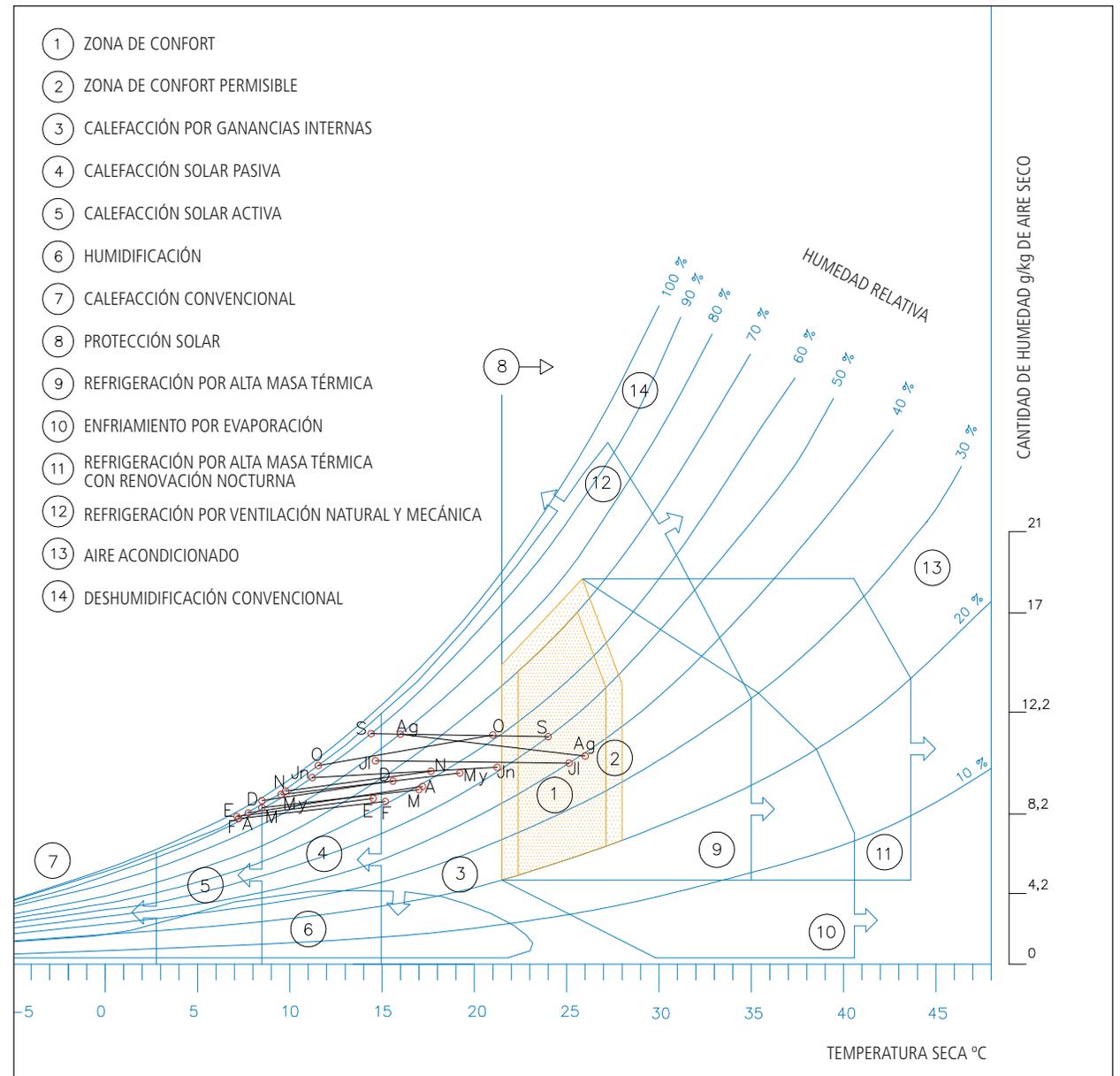


Figura 13.79. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

LA ESPERANZA

Güímar. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es moderadamente benigno, con temperaturas medias mínimas superiores a 11°C y medias de las máximas superiores a 17,9°C en los meses más fríos (enero y febrero). Durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de noviembre, diciembre, marzo y abril, aún más suaves, ocurre algo similar, con temperaturas medias mínimas superiores a los 12,7°C y máximas en torno a los 19,6°C.

En los meses de mayo, junio y octubre, para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar a la sombra a mediodía. El resto de las horas del día, es suficiente la radiación solar para la obtención de bienestar.

En julio, agosto y septiembre se debe estar a la sombra todo el día ya que se alcanzan temperaturas superiores a los 27,4°C.

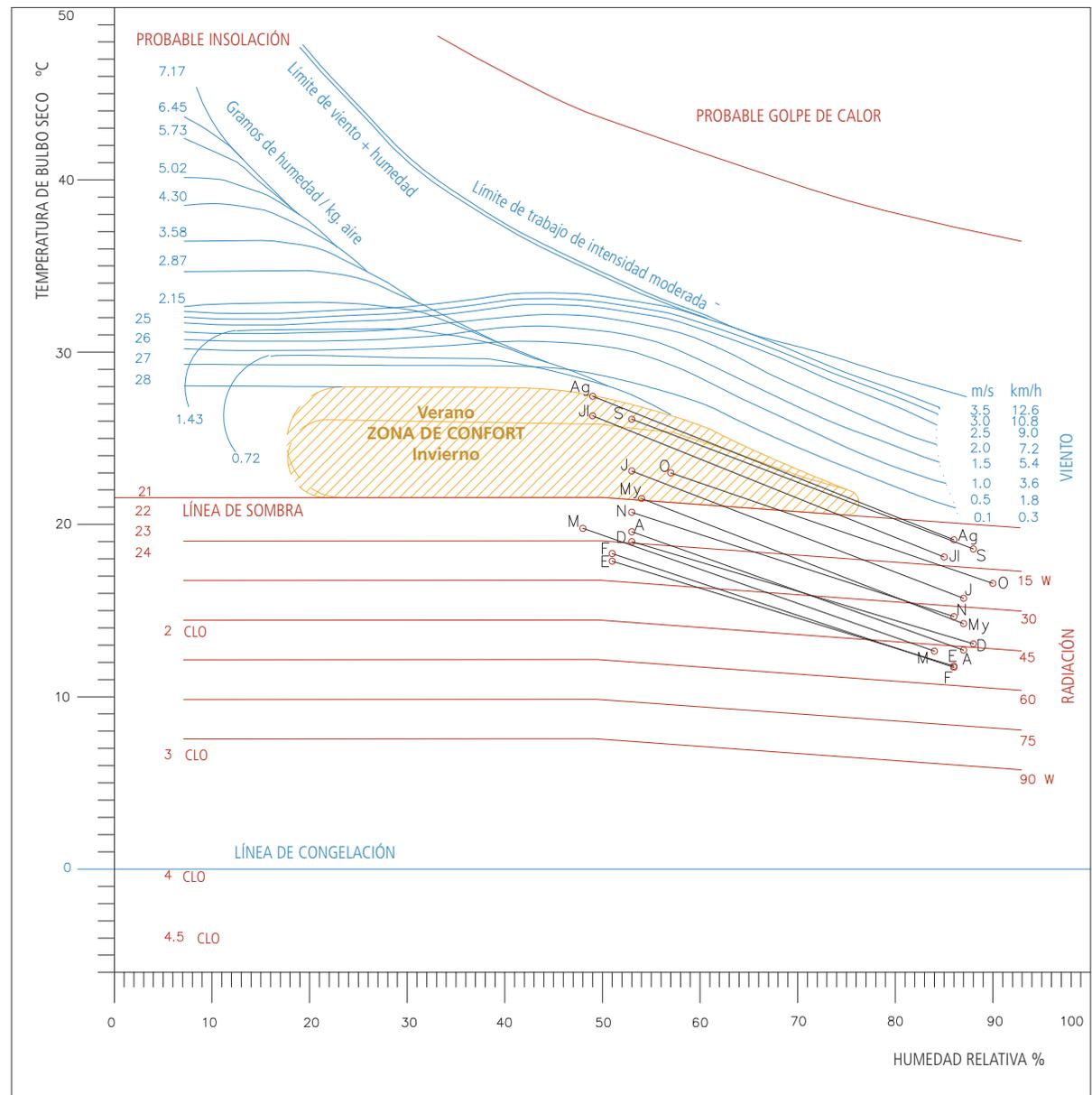


Figura 13.80. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

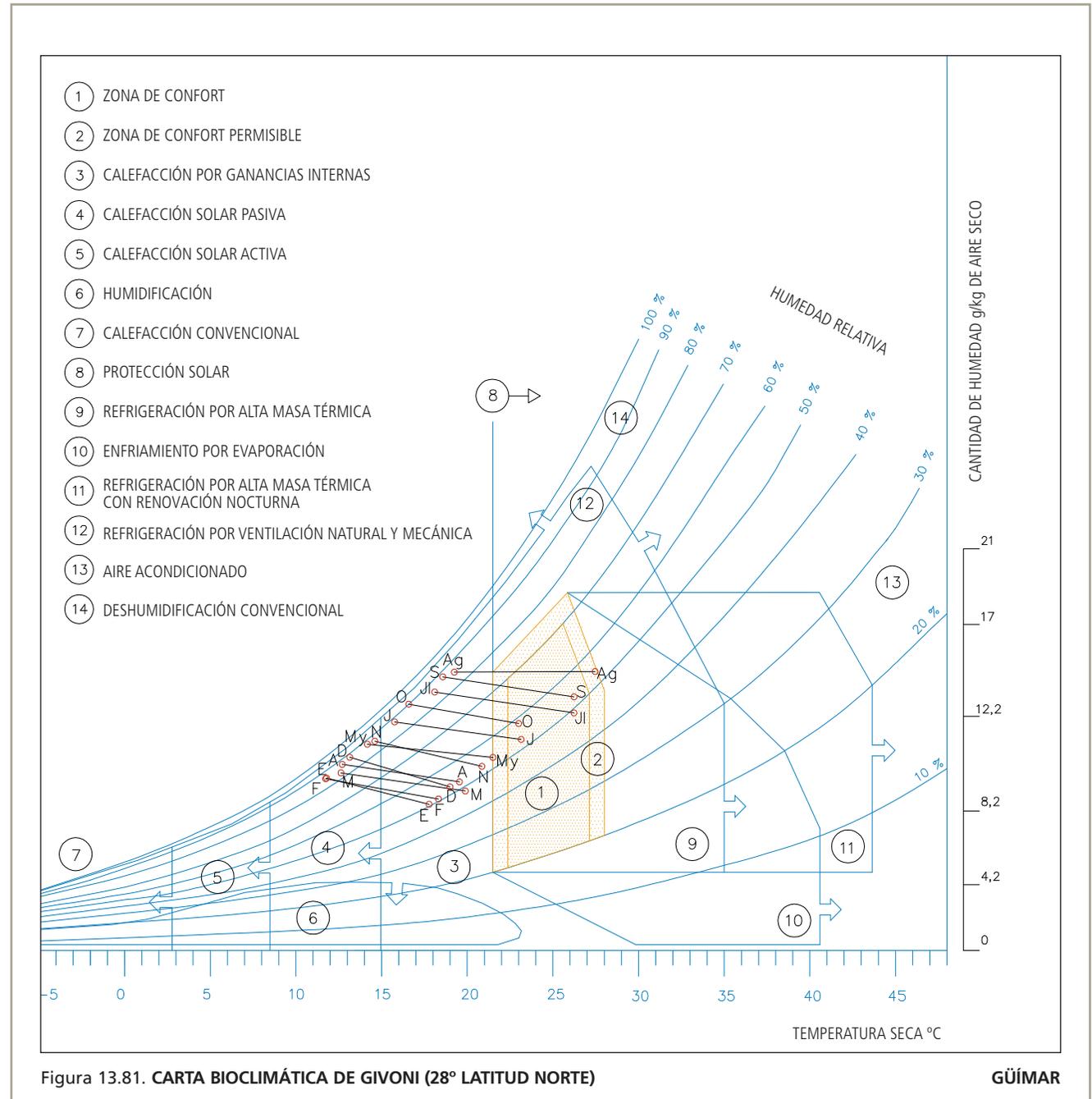
GÜÍMAR

Güímar. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 6 a 9 h.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con una inercia térmica, aislamiento térmico y protecciones solares adecuadas.

Las protecciones solares se necesitarán a mediodía en los meses de mayo, junio, y octubre y durante todo el día en, julio, agosto y septiembre.



Guía de Isora. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 6 a 9 h.

El resto del año, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con una inercia térmica y aislamiento térmico adecuados.

Las protecciones solares se necesitarán a mediodía en los meses de mayo, junio, y octubre y noviembre y durante todo el día en, julio, agosto y septiembre.

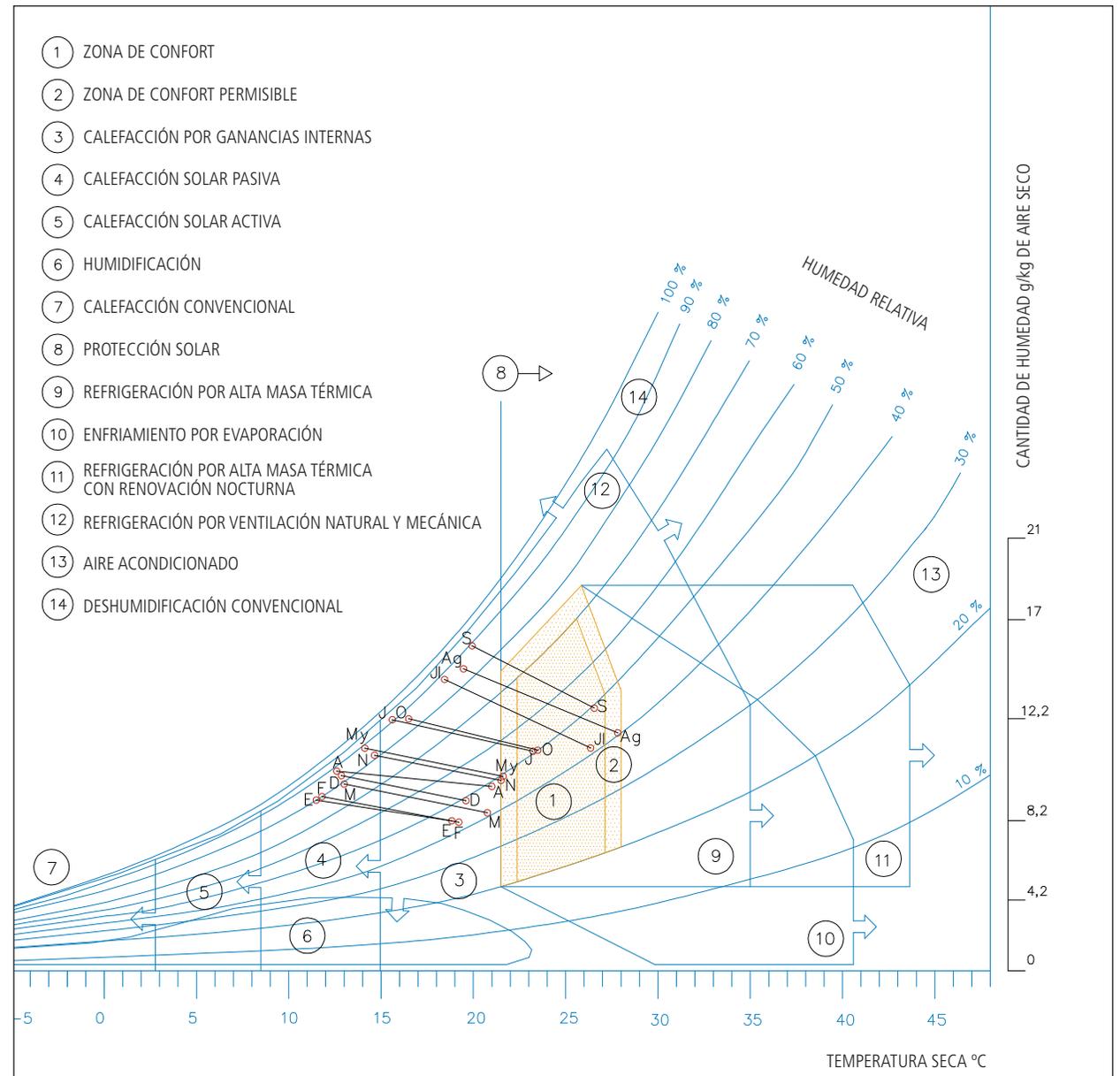


Figura 13.83. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

La Orotava. Carta Bioclimática de Olgay

El invierno es moderado con temperaturas medias mínimas superiores a 10,4°C y medias de las máximas superiores a 17,3°C en los meses más fríos (enero y febrero). Durante el día, la radiación solar es suficiente para estar en condiciones de confort.

Durante los meses de noviembre, diciembre, marzo y abril y mayo, aún más suaves, ocurre algo similar, con temperaturas medias mínimas superiores a los 11,4°C y máximas en torno a los 18,1°C.

En los meses de julio y octubre, para estar en condiciones de confort, se necesitaría estar a la sombra a mediodía. El resto de las horas del día, es suficiente la radiación solar para la obtención de bienestar.

En agosto y septiembre se necesita estar a la sombra todo el día ya que se alcanzan temperaturas superiores a los 24,5°C y velocidades de viento de 0,1 m/s.

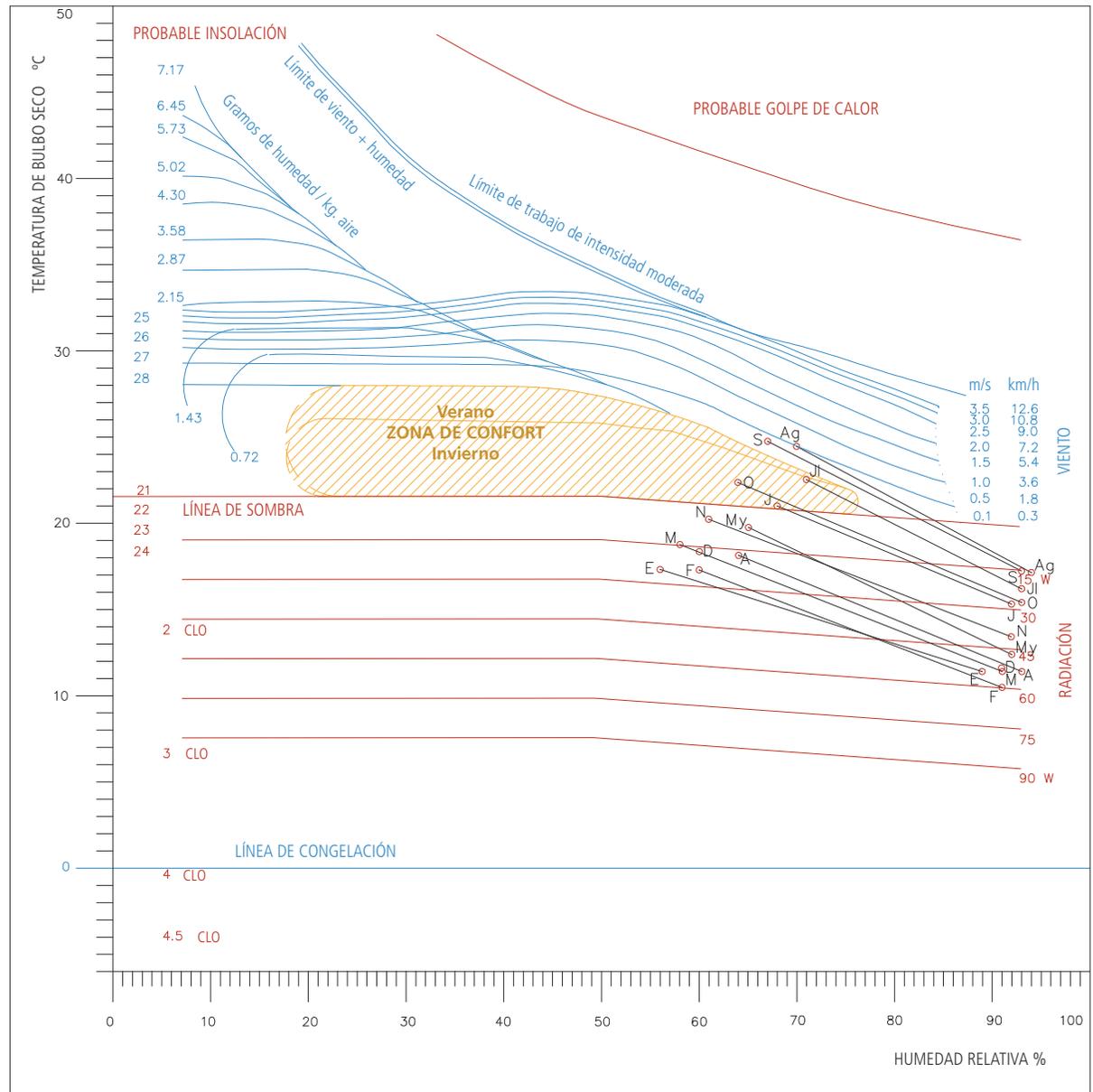


Figura 13.84. CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (28° LATITUD NORTE)

LA OROTAVA

La Ortava. Carta Bioclimática de Givoni

Para la obtención de confort en el interior de las edificaciones basta que, durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, el edificio tenga un buen comportamiento solar pasivo (inercia térmica), capaz de acumular la radiación solar del día para ceder su calor al ambiente durante la noche. Esta inercia debería producir un desfase de la onda calorífica de 6 a 9 h.

En el mes de junio, en el interior de la edificación se mantendrán las condiciones de confort en los momentos más fríos del día, sencillamente por ganancias térmicas debidas a la ocupación, y en los momentos más cálidos del día, con unas protecciones solares adecuadas.

Las protecciones solares se necesitarán a mediodía en los meses de julio, y octubre y durante todo el día en agosto y septiembre.

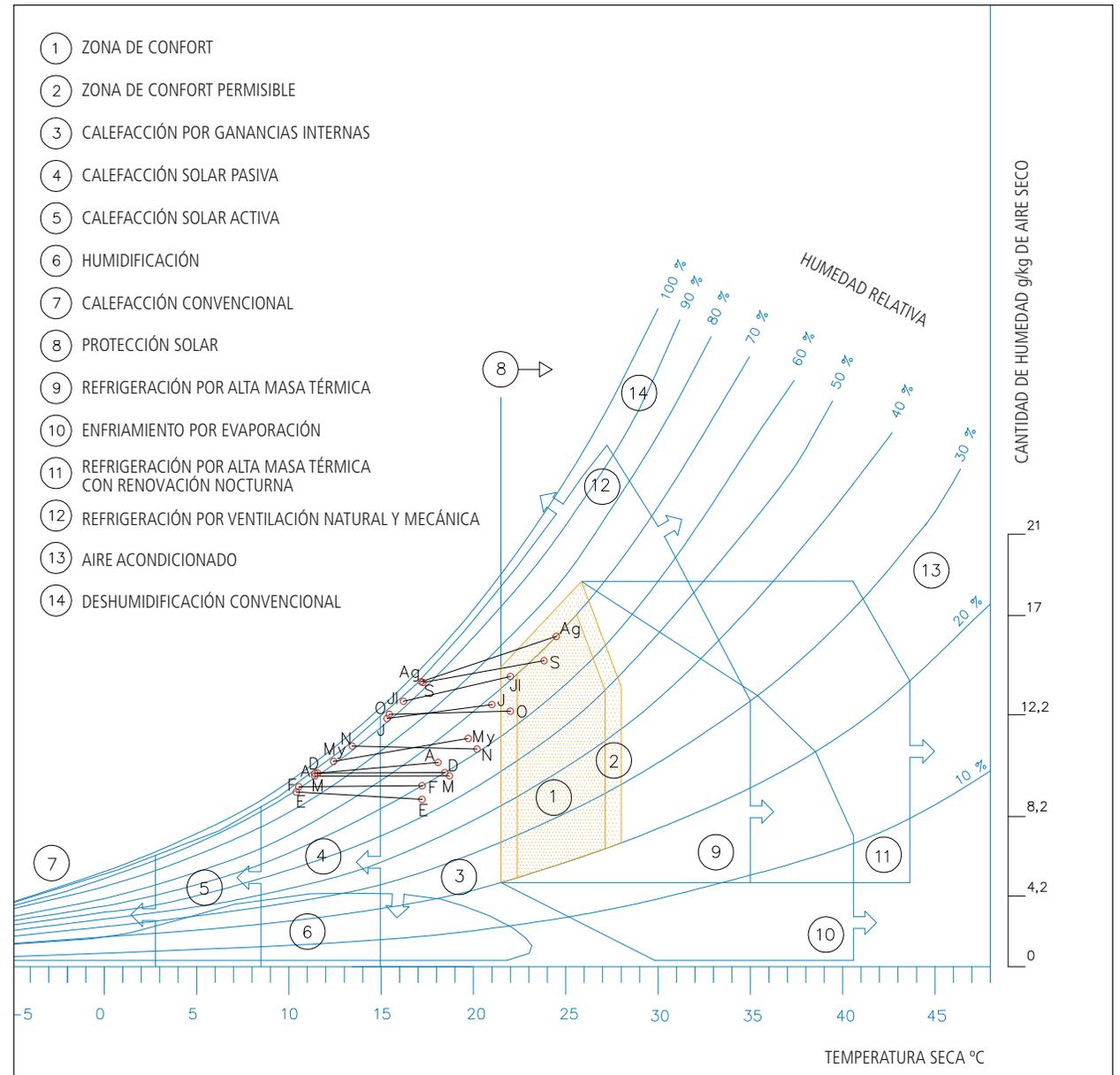


Figura 13.85. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

LA ORTAVA

14. ESTRATEGIAS DE DISEÑO

M. de Luxán García de Diego, A. Reymundo Izard, J. Hernández Tejera, M^a. C. Bango Yanes

CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI

Como ya se ha visto antes, en la carta bioclimática de Givoni se establecen las cualidades que debe tener una construcción en orden a que en su interior se obtenga una sensación térmica agradable (figura 14.1).

En este apartado se hace un análisis de las distintas estrategias que pueden ser utilizadas en Canarias, dependiendo de las características necesarias de la construcción que indica Givoni en su cuadro.

Según el diagrama, existen catorce zonas de estudio, y a cada una de ellas corresponderá una serie de estrategias en el diseño.

Las zonas citadas y que se desarrollan a continuación son:

- 1 Zona de confort
- 2 Zona de confort permisible
- 3 Calefacción por ganancias internas
- 4 Calefacción por aprovechamiento pasivo de la energía solar
- 5 Calefacción por aprovechamiento activo de la energía solar
- 6 Humidificación
- 7 Calefacción convencional
- 8 Protección solar
- 9 Refrigeración por alta masa térmica
- 10 Enfriamiento por evaporación
- 11 Refrigeración por alta masa térmica con renovación nocturna
- 12 Refrigeración por ventilación natural o mecánica
- 13 Aire acondicionado
- 14 Deshumidificación convencional

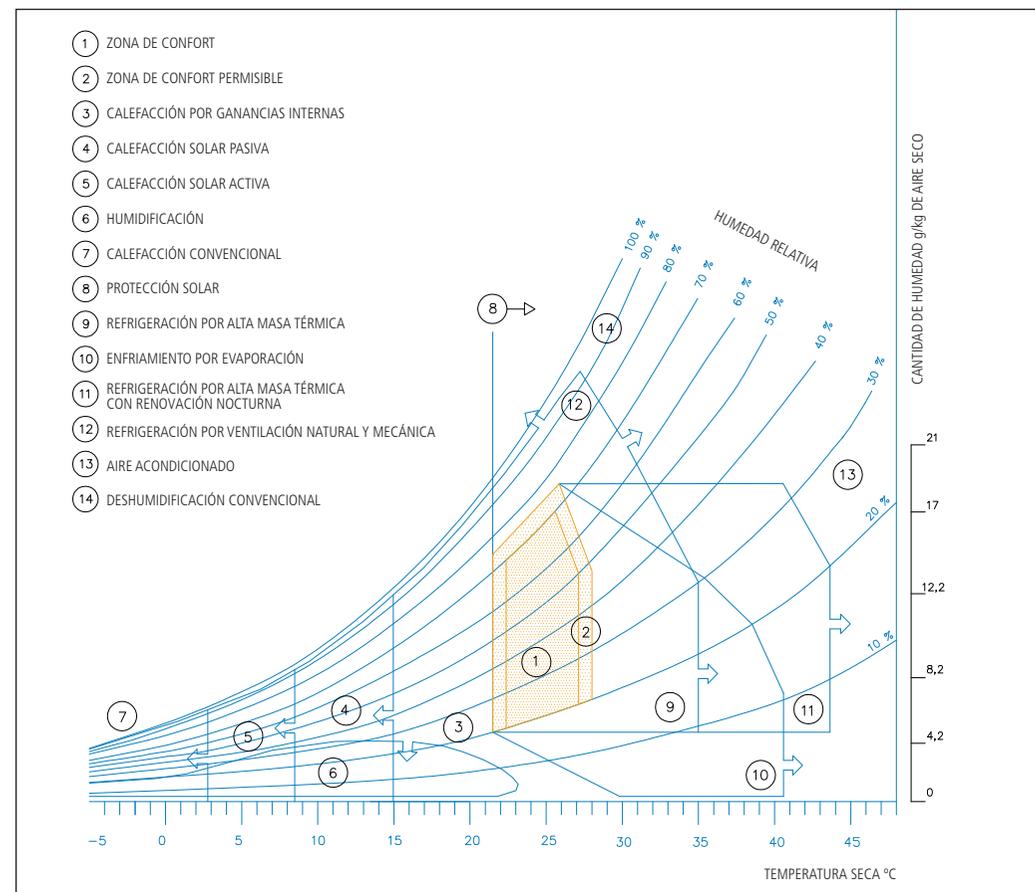


Figura 14.1. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

Hay que señalar que estas zonas se superponen en muchas ocasiones, lo que indica que se puede utilizar una, otra, o una combinación de ambas sumando sus efectos.

1. ZONA DE CONFORT

La zona denominada de confort es la que corresponde a las condiciones de humedad-temperatura en las que el cuerpo humano requiere el mínimo gasto de energía para ajustarse al ambiente. Se consideran las circunstancias para un individuo con ropa ligera, en baja actividad muscular y a la sombra.

En el diagrama de Givoni adaptado al clima canario, la zona de confort está limitada por los 22°C, entre el 20% y el 70% de humedad relativa y una línea quebrada correspondiente a los 27°C, entre el 20% y el 50% de humedad, y entre este último punto y el punto definido por 25,5°C y 70% de humedad (figura 14.2).

En el diagrama psicrométrico de Givoni la zona de confort define el área en la que, cuando los parámetros climáticos se encuentran en su interior, no se necesita ninguna corrección constructiva para la obtención del bienestar y en la que cualquier edificación media cumple con las condiciones de procurar dentro de ella una sensación térmica agradable si no hay radiación solar directa hacia el interior.

2. ZONA DE CONFORT PERMISIBLE

La zona denominada de confort permisible en el diagrama de Givoni está limitada por la zona de confort y un perímetro definido por los 21,5°C, entre el 20% y el 75% de humedad relativa y una línea quebrada correspondiente a los 28°C, entre el 20% y el 50% de humedad, y entre este último punto y el punto definido por 26°C y 75% de humedad (figura 14.3).

En las zonas de confort se ha tenido siempre en cuenta que el individuo lleva ropa ligera de verano y que se encuentra en estado de actividad baja. Los cambios de estos factores también intervienen en la amplitud y posición de la zona de confort.

El uso de ropas diferentes en el interior de las viviendas en invierno y en verano contribuyen a modificar, ampliándola, la zona de confort.

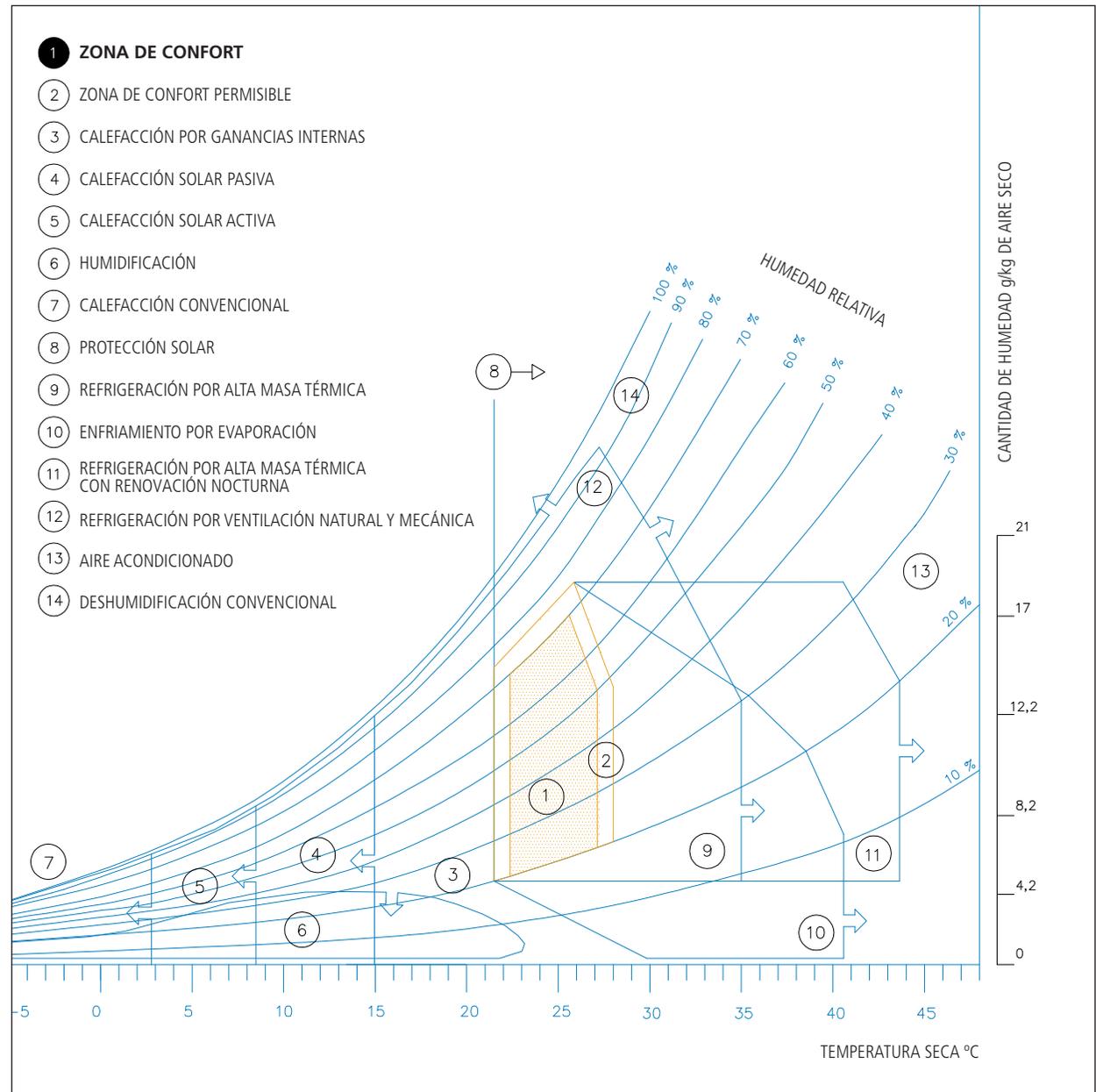


Figura 14.2. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

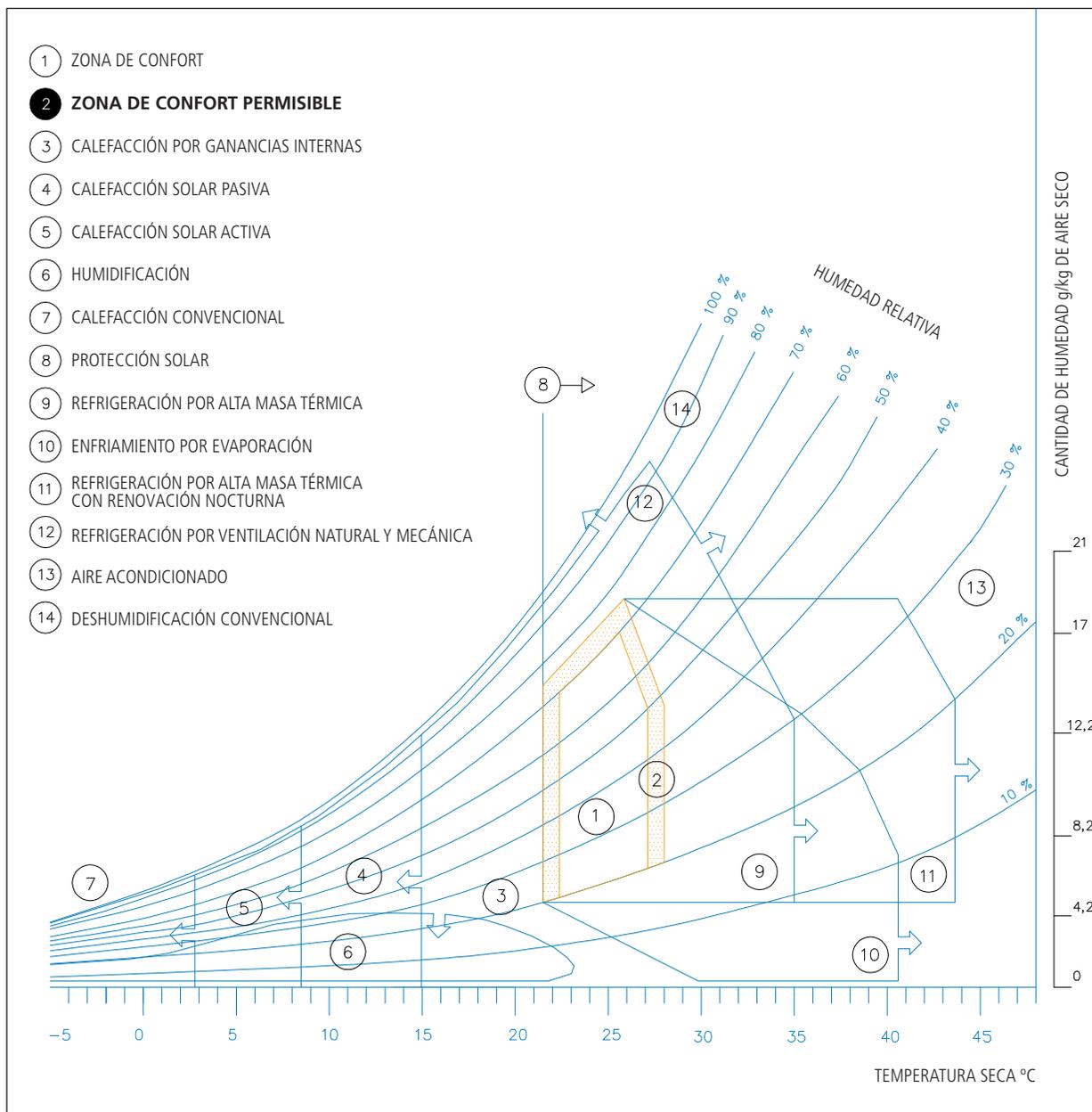


Figura 14.3. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

La escala de medida del factor de corrección del vestido más admitida es el CLO . Esta escala va desde cero, cuando no hay ropa, hasta cuatro, que representa gruesa indumentaria polar, pasando por la unidad que corresponde a traje y ropa interior normales. La unidad se define como la resistencia que encuentra el calor para transmitirse desde la piel hasta la superficie exterior de la ropa.

En la tabla 14.1 se ven distintas combinaciones de ropa, su correspondiente factor CLO y las temperaturas de máximo confort térmico para individuos en reposo.

Como se puede observar, unas variaciones en la ropa relativamente pequeñas producen un gran efecto en la corrección de temperaturas, efecto que conviene tener en cuenta, en cuanto a la sensación de confort en los edificios que estemos diseñando.

Por otra parte, hay que contar con el factor de aclimatación del individuo, que también cambia los límites. Para unas determinadas condiciones climáticas, un individuo acostumbrado a ellas puede encontrarse confortablemente aún cuando los valores psicrométricos queden algo separados de los valores teóricos de gasto mínimo.

Como consecuencia de estos factores aparece la denominada zona de confort permisible como la ampliación de la zona de confort en la cual las condiciones ya no son exactamente de mínimo gasto de energía en el individuo para acoplarse a las condiciones del medio, pero en las que la sensación térmica resulta aceptable.

Factor ropa	Tipo de vestido	Máxima temperatura de confort
0	Desnudo	28,5°C
0,5	Ropa ligera de verano	25,0°C
1,0	Traje normal	22,0°C
1,5	Ropa de abrigo medio	18,0°C
2,0	Ropa con abrigo grueso	14,5°C

Tabla 14.1. Factor de Ropa. Temperatura de confort.

3. CALEFACCIÓN POR GANANCIAS INTERNAS

La zona del diagrama de Givoni denominada calefacción por ganancias internas, engloba las situaciones comprendidas entre los 15°C y los 21,5°C, en las que se consigue llegar a condiciones de confort mediante el aumento de la temperatura ambiente del recinto, que se da por el mero hecho de habitar (vivir o trabajar) en una construcción (figura 14.4).

Estas ganancias son las aportadas por los ocupantes, la disipación de calor de los equipos eléctricos, la pérdida de calor en procesos domésticos relacionados con la combustión, etc.

Es importante tener en cuenta este tipo de ganancias, ya que durante determinadas épocas del año serán suficientes para conseguir el confort en cualquier zona geográfica de Canarias donde ubiquemos la actuación.

La presencia de personas en el interior de un recinto modifica la temperatura ambiente debido ados efectos:

- La irradiación producida por las propias personas a los cuerpos de su alrededor, siempre y cuando la temperatura de éstos sea menor.
- El calor metabólico disipado por la actividad corporal de las personas, siendo mayor cuanto más activo sea el trabajo, como se puede observar en la tabla 14.2 de valores del calor producido por un hombre joven según el grado de actividad que desarrolle.

Actividad	Calor (W)
Sentado	115
Trabajo ligero de oficina	140
Sentado, comiendo	145
Andando	160
Trabajo ligero	235
Trabajo moderado o baile	265
Trabajo duro	440
Esfuerzo excepcional	1500

Tabla 14.2. Calor producido según actividad.
Basado en la tabla A.7.1. de la guía IHVE 1970. No hay datos concretos sobre niños, ancianos y mujeres.

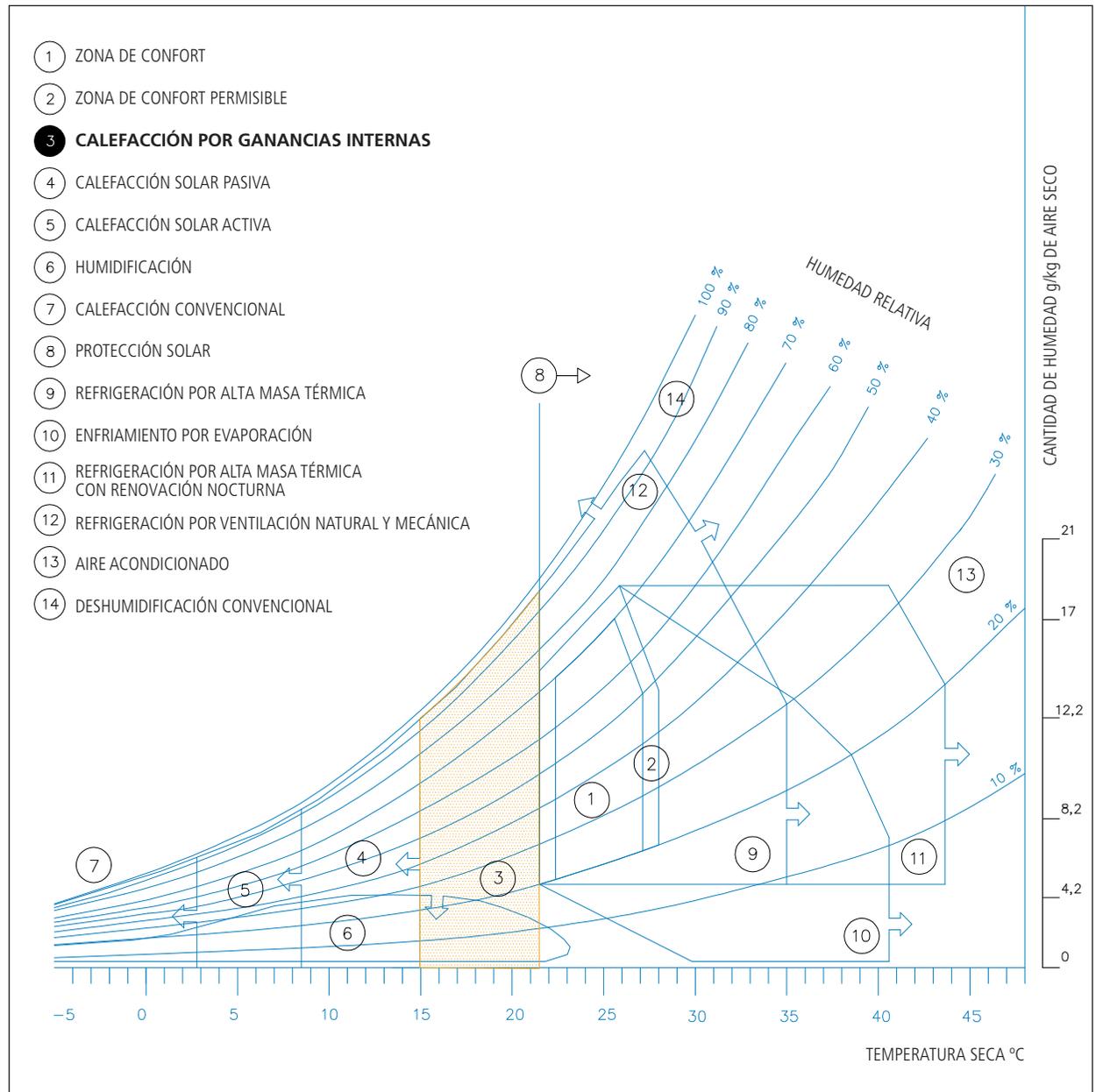


Figura 14.4. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

Los equipos eléctricos, durante su funcionamiento, disipan calor, lo que se debe tener en cuenta a la hora de su distribución, ya que la concentración de estos equipos puede crear ambientes recalentados.

En algunos electrodomésticos la creación de calor es fundamental para realizar la función para la que han sido creados: planchas eléctricas, lavavajillas y lavadoras; en otros casos, frigoríficos y productores de frío, se debe extraer el calor del interior del aparato; y en otros, como los sistemas de iluminación, las pérdidas se producen por efecto Joule.

Otro foco de calor en la vivienda está relacionado con la elaboración de alimentos en hornos y cocinas, tanto si su funcionamiento se basa en el efecto Joule como si son de combustión.

La presencia de varios fumadores en un recinto también contribuye a la elevación de la temperatura del mismo.

Si se propone un uso continuado de la edificación y un buen aprovechamiento de estas fuentes de calor, para lograr una mayor eficacia de estas medidas existen una serie de aspectos que deben tenerse en cuenta:

- Este tipo de ganancias también se producen en las épocas de refrigeración, por lo que se deberán situar los equipos eléctricos en posiciones de fácil ventilación, o bien facilitar la extracción de aire a través de los mismos.
- Se deben evitar las pérdidas del calor obtenido, por ejemplo, mediante un correcto aislamiento del exterior.
- Se pueden utilizar elementos constructivos de gran masa térmica en el interior de la edificación para acumular el calor obtenido.

4. CALEFACCIÓN POR APROVECHAMIENTO PASIVO DE LA ENERGÍA SOLAR

En el diagrama de Givoni, el área comprendida entre las 8,5°C a 15°C de temperatura corresponde a las condiciones ambientales en las que se puede conseguir el confort en el interior de la vivienda por sistemas de aprovechamiento pasivo de la energía solar (figura 14.5).

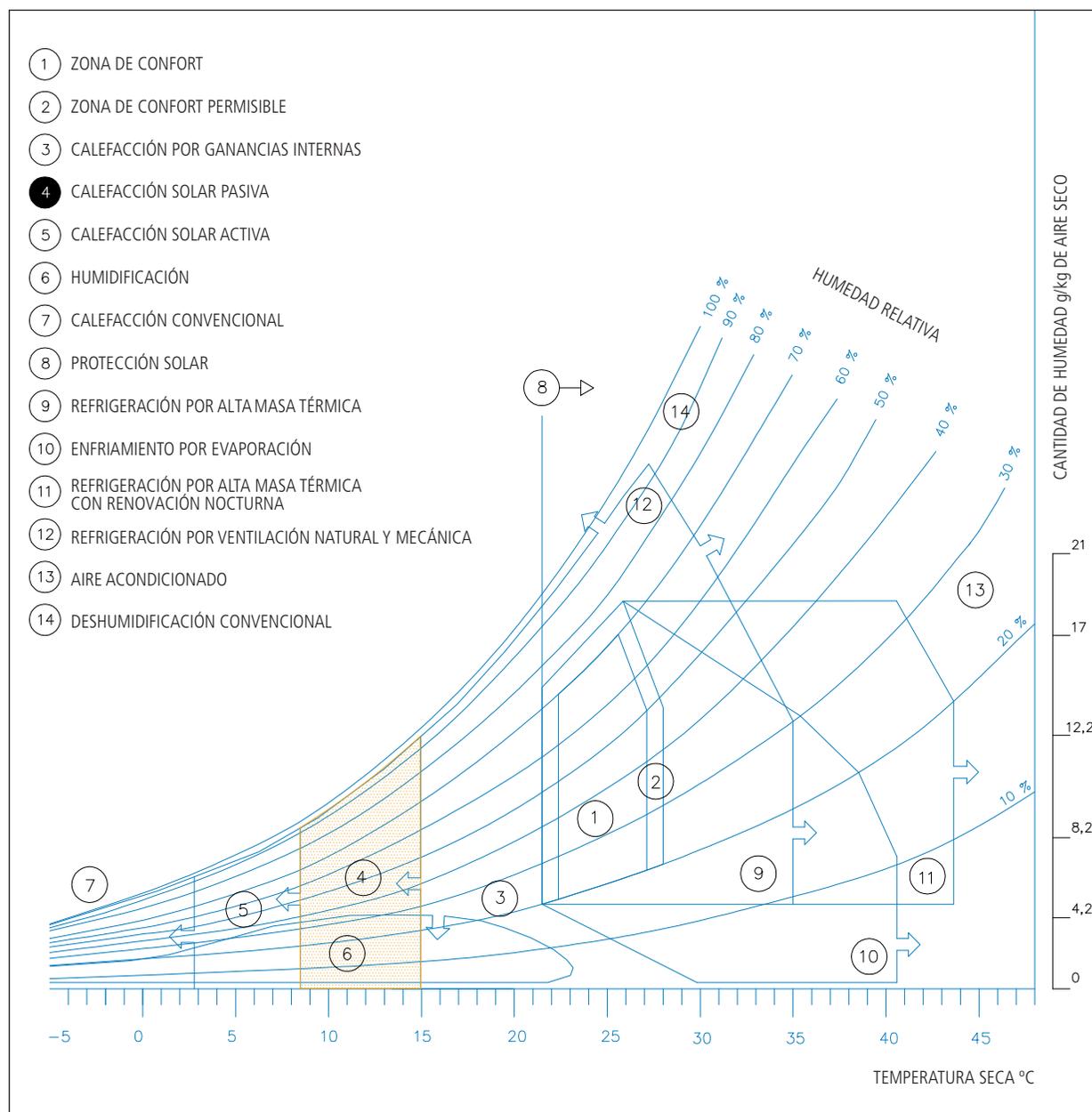


Figura 14.5. Carta bioclimática de Givoni (28° latitud Norte)

Con estos métodos se pueden cubrir la mayor parte de las necesidades de calefacción, en todo el territorio de la Comunidad Canaria, durante el invierno, con excepción de algunos lugares y en situaciones de más frío, en las que se necesita el apoyo de otros sistemas activos que se verán en apartados posteriores.

El diseño del edificio se concibe para favorecer la captación de calor solar en aquellas zonas en las que es posible, acumulándolo en elementos dispuestos para ello, y distribuirlo después a los locales que se desean calefactar, regulando también su flujo para cubrir las necesidades de calor a lo largo del tiempo.

En estos sistemas es fundamental el concepto de conservación: sería inútil todo el proceso si se dejase escapar el calor que se consigue introducir en el espacio interior, o si se perdiera la posibilidad de usar ese calor cuando ha cesado la radiación solar (disipación). (Ver apartado correspondiente al aislamiento).

Se distinguen tres sistemas, en estos modos de aprovechamiento solar, según sea la relación entre el sol y la estancia a calefactar. Estos sistemas pueden ser directos, indirectos e independientes:

- Sistemas directos son aquellos en los que la estancia se calienta por la acción directa de los rayos solares.
- Se llaman sistemas indirectos cuando la radiación solar incide primero en una masa térmica que está situada entre el sol y el ambiente a calentar.
- Se denominan independientes aquellos sistemas en los que la captación solar y el almacenamiento térmico están separados del espacio habitable.

En los procedimientos de aprovechamiento pasivo del calor solar intervienen tres tipos de elementos:

- Los elementos de captación, encargados de recoger la radiación solar.
- Los elementos de acumulación, encargados de la acumulación del calor captado.
- Los elementos de distribución, que se encargarán de repartir y de regular el calor acumulado de un modo adecuado en los diversos lugares y en los momentos en los que resulta necesario.

Una cuestión importante a señalar, es que, en todo caso y en mayor o menor medida (dependiendo del diseño y de las características termofísicas de los materiales empleados), hay elementos en los que confluyen las funciones de captación, acumulación y distribución. En los distintos apartados de este capítulo se irán tratando según la función predominante.

Como el aprovechamiento pasivo se basa en las propiedades de los materiales y los elementos que forman parte de la construcción, su funcionamiento como regulador del calor solar recibido en ellos, sobre todo en los sistemas directos e indirectos, no se reduce a las épocas frías sino que se da a lo largo de todo el año por lo que se volverán a citar estos modelos cuando se hable de la necesidad de refrigeración por un exceso de calor.

4.1. SISTEMAS DE CAPTACIÓN

Los elementos captadores de la radiación solar pueden pertenecer al edificio, clasificándose en este caso como directos e indirectos, o ser independientes del mismo.

4.1.1. SISTEMAS DE CAPTACIÓN DIRECTA

Básicamente se trata del aprovechamiento de la radiación que penetra directamente a través de los huecos de la fachada y de la cubierta (figura 14.6).

Se deben tener en cuenta las características de los propios huecos, las carpinterías y los vidrios elegidos.

Características del hueco

Orientación: La mejor orientación en Canarias para la captación de calor solar es la sur, al recibir una mayor cantidad de radiación durante el invierno, que es la época en que se necesita el concurso de estos sistemas.

Las orientaciones este y oeste, con similares características, son menos efectivas y pueden ser contradictorias con el régimen de necesidades anuales (son orientaciones inadecuadas para el verano).

Se pueden observar los diferentes valores de radiación en función de la orientación en la figura 14.7, adaptada del "Libro de la

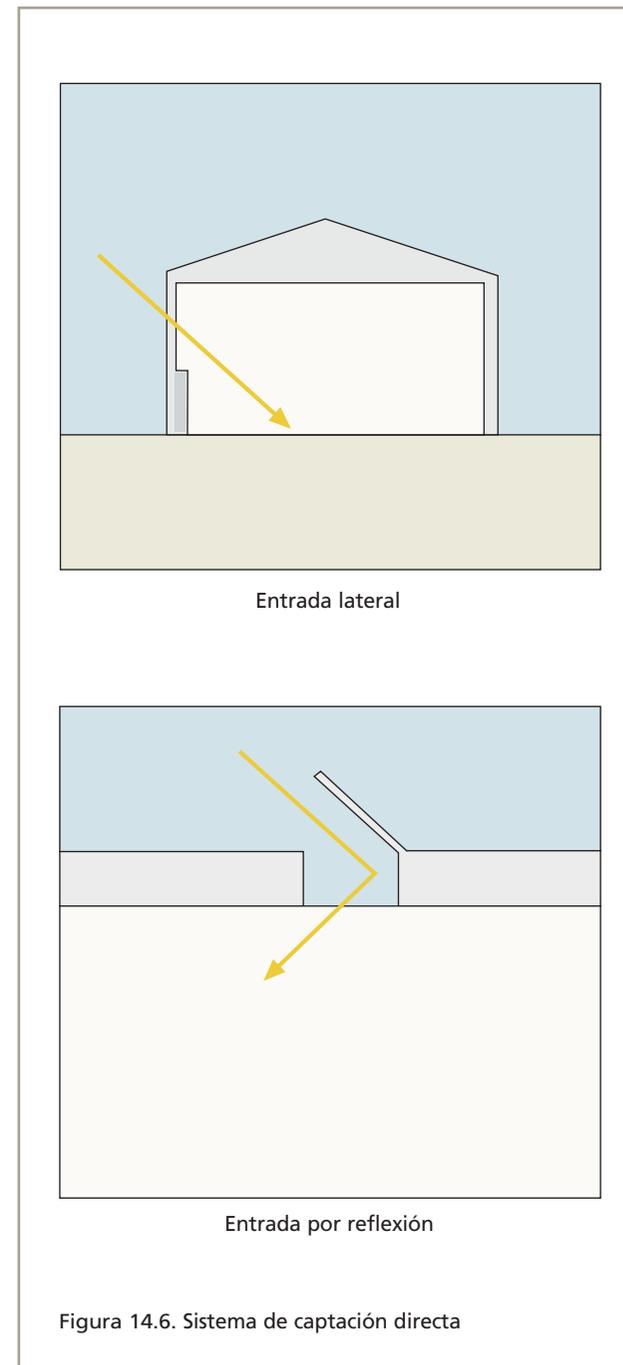


Figura 14.6. Sistema de captación directa

Energía Solar Pasiva de E. Mazria, con valores teóricos para una latitud de 28°. Se ha añadido, en línea discontinua, la radiación incidente en un plano horizontal, con datos procedentes del Atlas Climático de España.

Dimensiones: La forma y tamaño del hueco irán en función de la cantidad de calor necesario para el recinto; a mayor tamaño, mayores serán las ganancias solares, debiendo evitarse los riesgos de sobrecalentamiento. En este aspecto también influyen otros factores como son el uso del recinto, las vistas o la iluminación natural.

Los huecos horizontales en cubierta reciben la mayor cantidad de radiación en el verano, por lo que su utilización debe ir acompañada de un estudio para determinar las protecciones necesarias a adoptar en esta época para evitar que haya grandes sobrecalentamientos.

Posición relativa en la habitación: Es de gran influencia a la hora de la localización del elemento acumulador así como del sistema de distribución posterior. Hay que tener en cuenta que la radiación incidente sobre el mobiliario habitual es inútil, al ser de madera o materiales aislantes; por el contrario, si se utilizase un mobiliario de carácter masivo (de obra de fábrica, pétreo, etc), se podría utilizar como elemento acumulador.

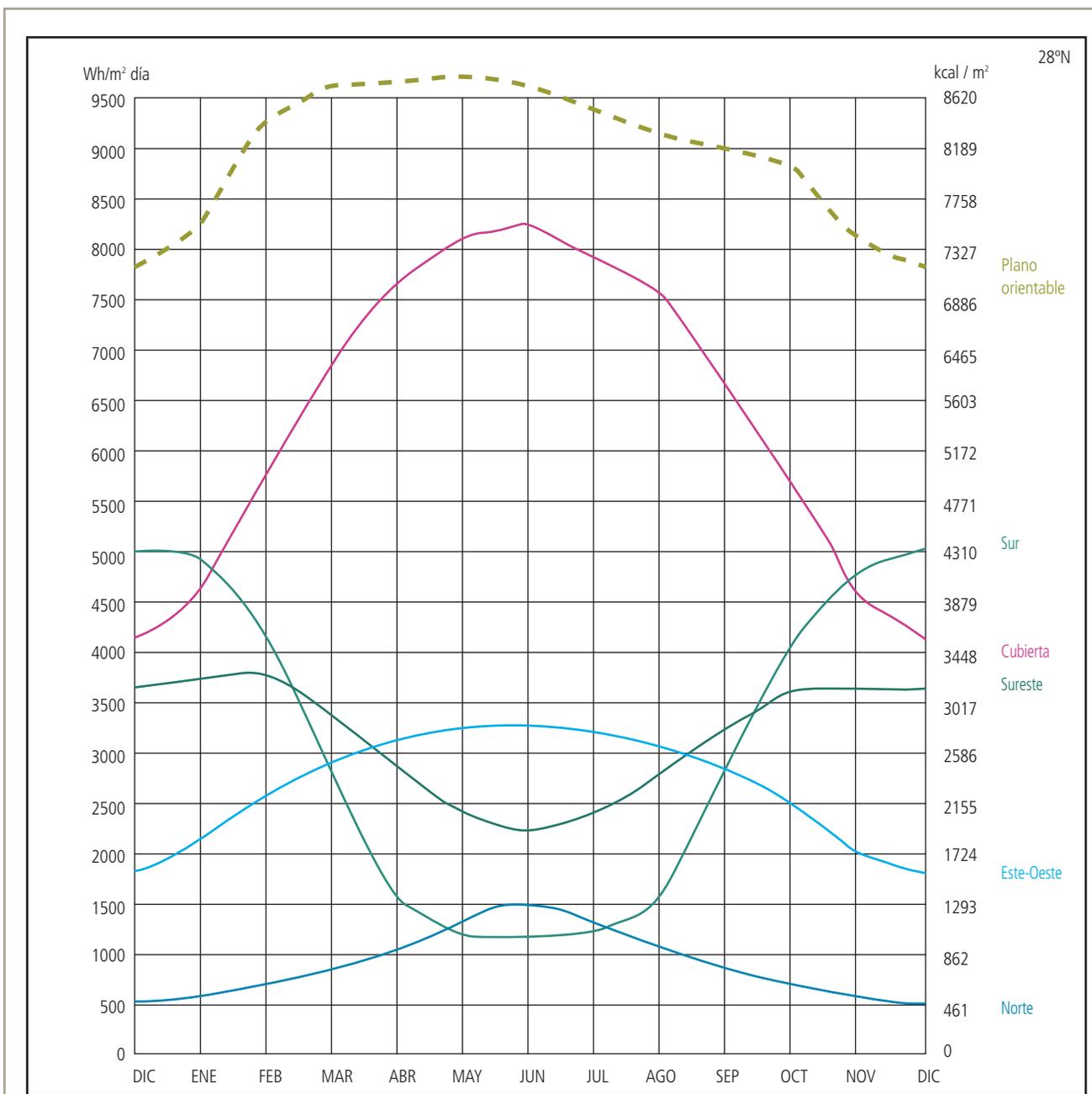


Figura 14.7. Aportes solares para un día despejado a través de superficies de vidrio en distintas posiciones (en Wh/m² y kcal/m²).

Factor	Material				
	Madera	Acero	Aluminio	Aluminio con rotura de puente térmico	PVC
Conductividad térmica (W/m K)	0,14	58	203	6,28	0,23
Espesor (cm)	4,5	0.8 - 1	4,5	5	6
U (W/m ² K)	1,76	5,79	6,01*	3,02	1,74
Anchura (cm)	7 - 12	4 - 6	4 - 8	4 - 8	9 - 12
Sup. aproximada respecto a la del hueco (**)	50%	25%	30%	30%	55%
Coste de mantenimiento	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Medio (***)
Coste medioambiental de fabricación y reciclado	Bajo, sobre todo en el caso de maderas de aprovechamiento	Medio. Posibilidad de reciclaje fácil	Medio-alto. Posibilidad de reciclaje	Medio-alto. Posibilidad de reciclaje	Alto. Posibilidad de PVC reciclado

Tabla 14.3. Características de los materiales utilizados en la carpintería

Cuadro de elaboración propia, adaptado del Estudio de Integración Medioambiental y Adecuación Energética en El Toyo, Almería.

(*) Depende del fabricante; (**) Superficie aproximada calculada para una ventana de 1.20 m x 1.20 m de dos hojas; (***) Las carpinterías de PVC pueden deteriorarse por el exterior en lugares con alta radiación solar. Se comercializan carpinterías mixtas metálicas en la cara exterior.

Transmitancia límite de huecos según CTE/HE-1										
Zona climática A3										
% Huecos	Transmitancia límite de huecos (U_{Hlim} (W/m ² K))				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
					Baja carga interna			Alta carga interna		
	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
< 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
11 ≤ % ≤ 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
21 ≤ % ≤ 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
31 ≤ % ≤ 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
41 ≤ % ≤ 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
51 ≤ % ≤ 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,50	-	0,54	0,36	0,51	0,39

Tabla 14.4. Transmitancia límite de huecos según CTE/HE1 para la zona climática A3

En los casos en que la transmitancia de muros sea inferior a 0,67 W/m² K, se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis.

Características de la carpintería

Interesan dos factores, el coeficiente U (transmitancia térmica del material) y la conductividad térmica que, unidos al tamaño de la sección de los marcos y cercos, influirán en el Coeficiente Global de Transmitancia Térmica U del hueco y en la superficie real de captación.

Si lo que se busca es la menor pérdida de superficie captora en la totalidad del hueco, interesa disminuir tanto el tamaño de la sección como la U; al menos es un factor a la hora del dimensionamiento de dichos huecos si se parte de una determinada superficie de captación.

Los materiales más usuales son el acero, la madera, el aluminio sencillo y con rotura de puente térmico, y el PVC. En la tabla 14.3 se pueden consultar las diferentes características de estos materiales, aunque estos valores pueden variar en función de las posibles mejoras que se practiquen en el material, lo que ha llevado a la fabricación también de carpinterías mixtas.

En los casos en que la transmitancia de muros sea inferior a 0,67 W/m²K, se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis.

Características del vidrio

(Ver también estrategia 08 de Givoni, Protección solar, "los medios en la piel del hueco").

Entre los factores y coeficientes que definen los tipos de vidrios, los más usuales son el Factor de Transmisión (FT), y la Transmitancia Térmica (U).

Si se busca un aumento de la captación, se favorecerá la entrada de radiación eligiendo un vidrio con un alto valor del Factor de Transmisión (FT), y se evitarán las pérdidas de calor, buscando un vidrio con bajo valor de la Transmitancia Térmica U.

También pueden utilizarse vidrios que eviten el efecto de recalentamiento en orientaciones o climas en que se necesiten adecuaciones al exceso de calor en el exterior.

Seleccionando los parámetros adecuados para las necesidades requeridas se puede controlar, con la elección del vidrio que los cumpla, la radiación solar, la iluminación natural, etc. que se tengan en el interior del recinto.

Los valores varían de unos fabricantes a otros, por lo que para una información más concreta, en los anexos finales, se adjunta una tabla con todos los valores particulares de diferentes tipos de vidrio y sus combinaciones.

En la tabla 14.6 se dan un abanico de valores de los principales factores que intervienen para diversos tipos de vidrios.

Se puede mejorar el comportamiento acústico de los vidrios dobles colocando espesores diferentes: 6+c+4, 6+c+5, 10+c+6; por ejemplo, de un vidrio 6+c+6 con 30 dBA, se podría pasar a 6+c+5 con 35 dBA sin tener variación en el comportamiento térmico ya que éste depende fundamentalmente de la cámara, y con ahorro de material y peso pasaría de 30 a 25 kg/m². El tamaño de las ventanas captoras depende de varios factores: orientación, características del vidrio, etc., pero muy simplificada podría recomendarse, para un clima templado como el canario, que la superficie de ventana captora al sur, en relación a la superficie útil del local a calefactar se aproximase a los valores de la tabla 14.7.

Temp. media exterior enero	Superficie de ventana al Sur en % de superficie útil de local con vidrio sencillo	
	Zona A3	Zona B3
De +8°C a + 12°C	12%	16%
> +12°C	10%	14%

Tabla 14.7. Porcentaje de superficie de ventana al sur respecto a superficie útil del local (vidrio sencillo)

Escogiendo los valores más bajos en altitudes menores a 800 m (Zona A3 según nuevo Código Técnico) y los más altos en las altitudes superiores a 800 m (B3 según nuevo Código Técnico)

Estos valores son para ventanas con vidrio simple con un factor solar del 85% aproximadamente; si se colocasen vidrios dobles, de baja emisividad, etc., con factor solar más bajo, habría que aumentar el tamaño de la ventana según el % de disminución del factor solar del vidrio.

Transmitancia límite de huecos según CTE/HE-1										
Zona climática B3										
	Transmitancia límite de huecos (U_{Hlim} (W/m ² K))				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
					Baja carga interna			Alta carga interna		
% Huecos	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
< 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
11 ≤ % ≤ 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	4,9 (5,7)	5,7	-	-	-	-	-	-
21 ≤ % ≤ 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	4,3 (4,7)	5,7	-	-	-	0,57	-	-
31 ≤ % ≤ 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
41 ≤ % ≤ 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
51 ≤ % ≤ 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

Tabla 14.5. Transmitancia límite de huecos según CTE/HE1 para la zona climática B3

En los casos en que la transmitancia de muros sea inferior a 0,58 W/m² K, se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis.

Tipo de Vidrio	Espesor (mm)	Factores				U (W/m ² k)	Atenuación acústica R (dBA)	Peso	Leyenda de Códigos:
		Transm. luminosa %	Transm. Energética %	Factor solar %					
Simple Normal	4	91	90	91	5,80	29	10	e: Espesor del vidrio en mm. La cámara se considera de 6, 8 y 12 mm. Tl: Factor de Transmisión Luminosa (%). Relación del flujo luminoso transmitido respecto al flujo luminoso incidente. Te: Factor de Transmisión Energética (%). Relación del flujo energético transmitido a través del vidrio respecto al flujo energético incidente. Fs: Factor solar (%). Relación entre la energía total que entra en un local a través de un acristalamiento y la energía solar que incide sobre él. U: Transmitancia Térmica (W/m ² K)	
	6	89	82	85	5,57	30	15		
	10	88	76	80	5,45	32	25		
Simple Absorbente	6	14-32	26-46	35-52	6,59	30	15		
Simple Reflectante	6	44-74	44-72	57-78	5,57	30	15		
Doble Normal	6+6+6	80	66	72	3,36	30	30		
	6+8+6	80	66	72	3,25	30	30		
	6+12+6	80	66	72	3,02	32	30		
Doble Absorbente	6+12+6	38-67	38-58	47-67	3,02	32	30		
Doble Reflectante	6+12+6	4-37	3-38	11-45	3,02	32	30		
	6+6+6	4-78	3-62	65	2,55	30	30		
Doble Baja Emisividad	6+8+6	4-78	3-62	65	2,20	30	30		
	6+12+6	4-78	3-62	65	1,74	32	30		

Tabla 14.6. Tabla comparativa de vidrios

Los datos proceden de documentación técnica proporcionada por diversos fabricantes.

La duplicidad de datos está en función de la combinación específica, así como del fabricante.

Fuente: "Criterios de Sostenibilidad para la Rehabilitación Privada de Viviendas en Madrid", M. de Luxán, M. Vázquez, R. Tendero, G. Gómez, E. Román y M. Barbero.

4.1.2. SISTEMAS DE CAPTACIÓN INDIRECTOS

La radiación solar se aprovecha a través del comportamiento térmico de alguno o algunos de los elementos constructivos del edificio. En este caso el sistema captor coincide con los de acumulación y distribución.

La cantidad de radiación captada varía según parámetros cuantitativos (densidad, calor específico, número de capas y espesor de las mismas e inercia) y cualitativos (tipo de acabado y color del mismo y orden de las capas en relación con el flujo de calor) del material o materiales que constituyen cada elemento.

En Canarias no son necesarios, y si se usan debe ser con la precaución de no producir sobrecalentamientos en épocas de necesaria refrigeración (como el verano).

4.1.3. SISTEMAS DE CAPTACIÓN INDEPENDIENTES

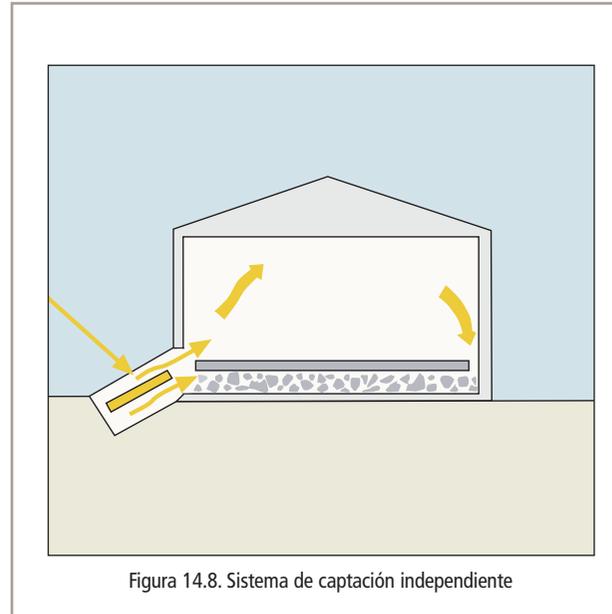
La radiación incide en elementos externos e independientes del recinto que se desea calefactar. La transferencia de calor se realiza a través de conductos. El rendimiento de estos sistemas puede mejorar con la aplicación de medios mecánicos de impulsión.

Termosifón. Sistema similar al indirecto por suelo que se verá en el apartado de sistemas de acumulación independiente, pero los elementos captadores y acumuladores están separados de la construcción y forman una unidad exenta (figura 14.8).

Caja solar-invernadero. Invernadero separado de los paramentos en contacto con el recinto. Se debe usar con precaución ya que tiene que poder protegerse de la radiación solar durante los meses más cálidos para evitar sobrecalentamientos.

4.2. SISTEMAS DE ACUMULACIÓN

En el aprovechamiento pasivo la acumulación de calor se basa en las cualidades termofísicas de los materiales y se traduce en forma de calor latente y calor sensible. Existen más formas de acumulación de energía pero por la necesidad de utilizar aparatos de regulación y control se engloban dentro del capítulo correspondiente a la calefacción solar activa.



Calor latente

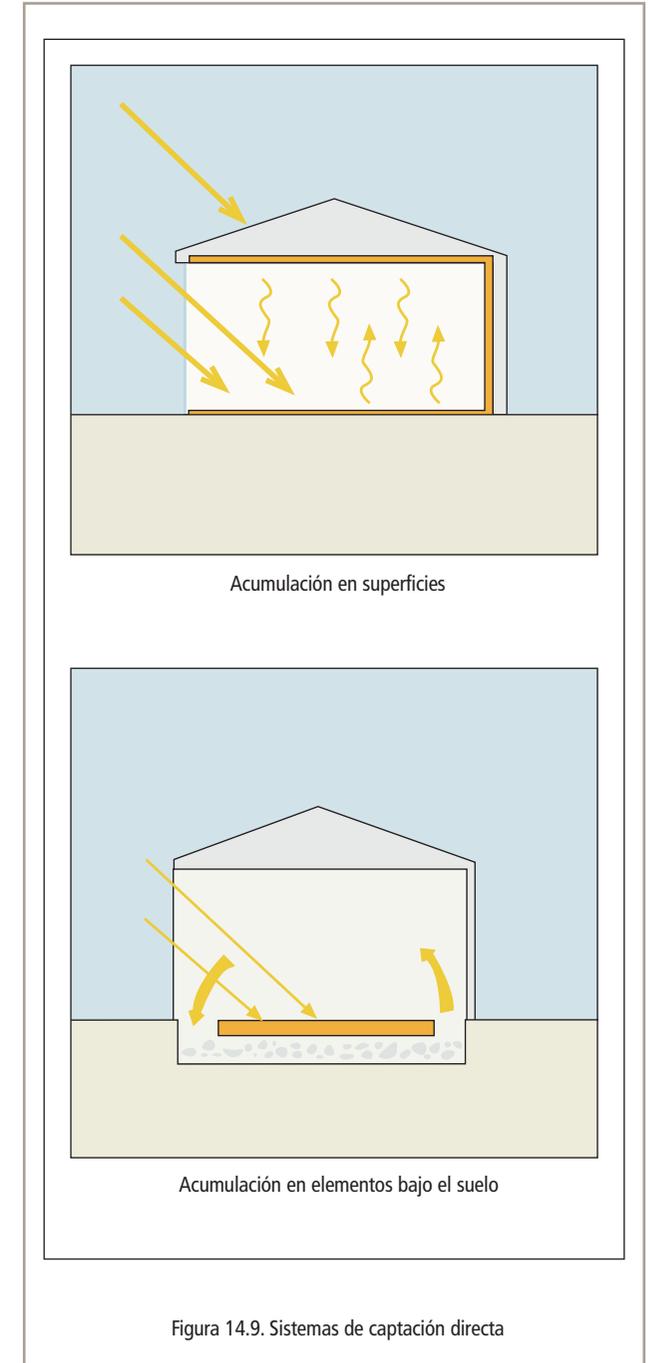
Es el calor que se aporta o se desprende al realizarse un cambio de estado de una sustancia.

En algún caso en particular se podría usar esta propiedad para la acumulación pasiva al no precisar de ningún mecanismo exterior, pero por lo general se usa en sistemas activos en los que la acumulación se realiza de forma centralizada dada la gran cantidad de calor absorbido y desprendido.

Calor sensible

Se basa en la inercia térmica de los materiales, acumulando y radiando el calor de una forma gradual por la simple diferencia de temperaturas y su tendencia natural a equilibrarse.

Cada material y/o combinación de materiales tiene modos propios de comportamiento ante el calor: capacidad de acumulación y propiedades emisoras. Por ello, la selección del material, la densidad y el espesor de los elementos permitirá el control por parte del diseñador de las horas y modos de funcionamiento del sistema.



Los materiales que suelen usarse para el almacenamiento del calor suelen ser agua, debido a su elevada capacidad calorífica, o elementos de fábrica de bastante espesor, debido a su masa térmica.

4.2.1. ELEMENTOS DE ACUMULACIÓN DIRECTOS

Se corresponden con los sistemas de captación directa. La acumulación se realiza en la masa de los materiales con los que se construyen los recintos calefactados, paredes, suelos o techos.

Cuando interesa que la acumulación sea grande se debe tener en cuenta que los materiales que forman el elemento acumulador deben tener una elevada inercia térmica. Normalmente se utilizarán en los suelos o en las paredes que reciben directamente el soleamiento (figura 14.9).

Los elementos acumuladores se deben disponer donde mayores sean las variaciones de temperatura: superficies vidriadas (captoras), locales periféricos...

Se debe evitar la concentración puntual de la masa. Si se requieren ciclos cortos de oscilación, debe reducirse el espesor de los elementos. Estos aspectos no ocurren si la masa está formada por agua.

En este tipo de captación-acumulación hay que tener cuidado con los elementos como cortinas, alfombras, mobiliario de madera, superficies reflectantes, etc. porque al ser materiales aislantes no acumulan calor, por lo que un exceso de los mismos puede anular el efecto deseado y limitar el calentamiento al aire de la estancia, con el consecuente enfriamiento en el momento en que deja de haber radiación solar.

Los muros de cerramiento son un elemento idóneo para la acumulación dado su gran superficie aunque debería adoptarse una solución de muro en la que el material pesado se encontrase al interior y los ligeros y los aislamientos por el exterior sobre todo por las condiciones de verano.

4.2.2. ELEMENTOS DE ACUMULACIÓN INDIRECTOS

En los sistemas de aporte de calor indirecto, los elementos captadores son a la vez elementos acumuladores y reguladores de la ener-

gía calorífica. En general se puede decir que, con mejor o peor funcionamiento, el conjunto de las superficies envolventes del edificio conforman un sistema de aporte indirecto de energía solar. Indudablemente hay ingenios que mejoran la captación y regulación formando elementos específicos, algunos de los cuales se citan al final de este apartado.

Los elementos de la piel externa del edificio interceptan la radiación exterior e impiden el paso directo de la misma y debido a su calor específico, acumulan el calor y lo transmiten al interior de forma gradual y retardada.

La onda calorífica incidente en la cara exterior del elemento, muro o cubierta, llega al interior con un retraso que se denomina "desfase" sufriendo una disminución de su amplitud denominada "amortiguamiento".

El estudio pormenorizado se realiza en función de la situación de cada elemento en el edificio: cubierta, fachada y terreno.

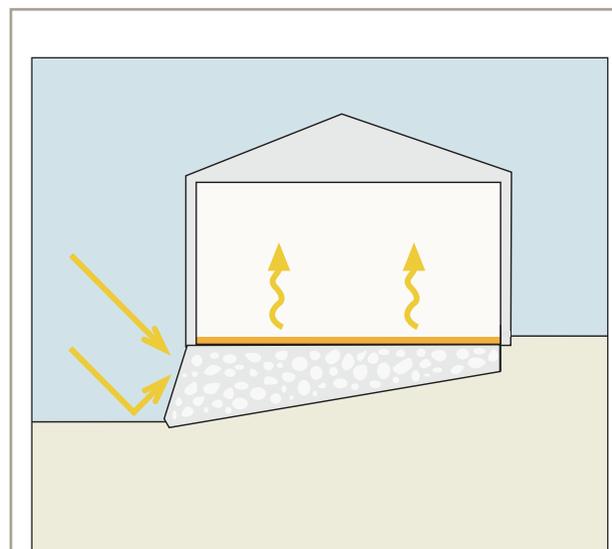


Figura 14.10. Sistema de acumulación indirecta.
Acumulación en el terreno

Por el terreno

El depósito de calor es el terreno situado debajo de la edificación, pudiendo aprovechar un doble origen de la energía, la solar y la geotérmica, en función de la profundidad a la que situemos el elemento acumulador.

El terreno, se puede considerar como una masa infinita, que mantiene una temperatura bastante estable, a pesar de las oscilaciones térmicas del exterior, por lo que, en las zonas más frías sería obligatorio el aislamiento perimetral, para evitar pérdidas de calor hacia el terreno.

Pueden, sin embargo, hacerse ingenios para que el aporte de energía solar sea por el suelo.

El depósito acumulador de calor, bajo el forjado del piso de planta baja, está formado por un lecho de agua o materiales pétreos o la combinación de ambos que se aísla en las zonas de contacto con el terreno (figura 14.10).

La captación de energía solar, se realizaría por medio de una superficie adosada a la edificación, orientada al sol.

La cesión de calor se realiza por convección y por radiación, provocando la existencia de corrientes de aire calentado al hacerlo pasar por el lecho caliente.

Otro sistema de adecuación al medio, aunque en principio no interviene el calor solar, puede estimarse cuando la estancia se desarrolla total o parcialmente excavada en el terreno, o enterrada por acumulación de masas de tierra de gran espesor, con lo que se aprovecha la estabilidad térmica del subsuelo.

Son sistemas muy eficientes para situaciones climáticamente extremas.

El amortiguamiento de las oscilaciones térmicas va en función del espesor del terreno:

Día - noche	0,20 a 0,30 m
Varios días	0,80 a 2,00 m
Invierno - verano	6,00 a 12,00 m

Otros aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar este tipo de medidas son:

- Extremar las medidas en presencia de humedad (pueden aparecer humedades, mohos, en zonas húmedas sobre todo en épocas estivales).
- Cuando el clima exterior sea predominantemente confortable, no conviene la total excavación del edificio.
- Debe evitarse excavar en terrenos de arcillas expansivas, así como en laderas desprovistas de defensas ante la erosión.

Por la cubierta

Debido la inclinación solar de verano en la latitud canaria y que las estrategias a utilizar serán predominantemente de defensa de la radiación solar, en este manual se desaconseja la acumulación en los forjados de cubierta para evitar sobrecalentamientos, especialmente durante los meses más cálidos del verano.

Por las fachadas

Los sistemas de captación-acumulación indirecta en muros se pueden aumentar con determinados sistemas como son el muro invernadero y el muro Trombe basados ambos en la impermeabilidad del vidrio frente a la radiación de baja longitud de onda.

- Muro invernadero: La radiación penetra en un invernadero adosado a una pared del edificio en contacto con el recinto interior vividero que se pretende calefactar.
- Muro Trombe: La radiación es interceptada directamente tras una superficie colectora de vidrio por un muro de gran capacidad calorífica que forma parte del cerramiento del edificio.

Para el clima canario estos sistemas deben ser protegidos, sombreados exteriormente o desmontables en verano, ya que se producen sobrecalentamientos que hacen inconfortables los recintos que están bajo su influencia.

La capacidad de acumular calor de un material depende de su capacidad calorífica (efusividad) característica o coeficiente de acumulación térmica. Este valor es directamente proporcional al producto del calor específico, la conductividad térmica y la densidad aparente.

4.3. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Son variables y están en función del sistema de captación y acumulación adoptado. El calor captado y acumulado puede ser distribuido tanto a la totalidad de la superficie del propio recinto de captación (distribución directa) como a otros recintos (distribución indirecta).

4.3.1. DISTRIBUCIÓN DIRECTA, SUPERFICIAL

El elemento acumulador transmite el calor por radiación y por convección.

La transmisión por radiación se produce por la diferencia de temperatura entre el elemento acumulador y el resto del recinto.

La transmisión por convección se produce al calentarse el aire en contacto con el elemento y provocarse la circulación por diferencia de presión en el recinto.

En ambos casos, la posición del elemento acumulador, tanto si se trata de un solo recinto como de varios, debe estar situado de tal modo que la distribución sea lo más homogénea posible, a fin de evitar zonas sobrecalentadas.

4.3.2. DISTRIBUCIÓN INDIRECTA, POR CONDUCCIONES DE AIRE

Se trata de hacer circular el aire previamente por el interior del elemento acumulador, aumentando su temperatura, y favorecer después su circulación por los recintos a calentar, de modo que se produzca un movimiento de renovación del aire del interior (figura 14.11).

No es conveniente hacer recircular siempre el mismo aire del recinto, ya que se produciría un "viciado", o pérdida de calidad del aire interior. Por ello se debe aportar aire exterior, en proporción y con los sistemas de intercambio de calor adecuados, para aprovechar parte del aire de recirculación así como el calor del aire interior que se va a renovar.

Cualquiera de los sistemas completos que se dispongan en el edificio se obtendrán por la combinación de algunos de los elementos vistos en este apartado, combinación que rea-

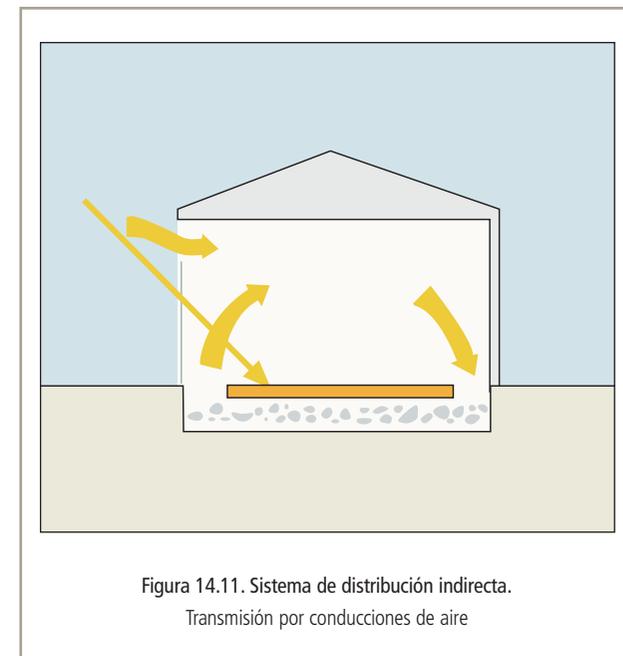


Figura 14.11. Sistema de distribución indirecta.
Transmisión por conducciones de aire

lizará el diseñador del edificio según su criterio, aunque la recomendación es que deben ser sistemas de sencillo funcionamiento y construcción, así como de fácil mantenimiento, por no decir nulo, y deben estar integrados en el diseño global del edificio.

Para que este tipo de sistemas de aprovechamiento pasivo se puedan utilizar, es importante que existan grandes oscilaciones de temperaturas noche-día, así como tener un alto nivel de radiación solar, aspectos que en general se cumplen en toda Canarias.

Teniendo en cuenta que en Canarias existen climas calificados como benignos, la recomendación es no tender a cubrir las necesidades al 100% de todos los días y todas las horas, ya que la exageración dentro de una misma solución no mejorará el sistema, pudiendo provocar diferentes problemas:

- a) Riesgos de sobrecalentamiento en determinados períodos cercanos al confort.
- b) Aumento de costos iniciales.

Los sistemas de calefacción auxiliar de apoyo, a utilizar para cubrir los momentos más críticos, deben ser de poca inercia (paneles eléctricos, chimeneas), puesto que el edificio impone su propio ritmo.

La ventaja de los sistemas pasivos es la economía de su construcción siempre que sean tenidos en cuenta en el diseño del edificio, ya que pueden resolverse con materiales habituales en el mercado y de bajo coste.

A la hora del dimensionamiento de los elementos adoptados, hay que tener en cuenta su comportamiento durante la época estival, de tal modo que no se creen situaciones inconfortables, o aplicar, en su caso, las medidas de protección necesarias para ello.

5. CALEFACCIÓN POR APROVECHAMIENTO ACTIVO DE LA ENERGÍA SOLAR

El área definida como calefacción solar activa es la comprendida entre las temperaturas de 2,5°C y 8,5°C del diagrama de Givoni (figura 14.12).

Para corregir la situación interna de la edificación y llegar a las condiciones de confort es preciso un aporte de energía en forma de calor. Esta energía se obtiene del medio ambiente, pero ya no basta con sistemas pasivos, siendo necesario el uso de algún tipo de energía convencional para la alimentación de los mecanismos de apoyo (bombas, ventiladores, controles, motores,...) que aumentan y potencian la ganancia de calor.

Al igual que en la calefacción por aprovechamiento pasivo de la energía solar, el aprovechamiento activo se basa en la captación, acumulación y distribución, haciendo hincapié en los mecanismos ajenos que aumentan el rendimiento.

Es fundamental el concepto de conservación. Sería inútil todo el proceso si se dejase escapar el calor que se consigue introducir en el espacio interior, o si se perdiera la posibilidad de usar ese calor cuando ha cesado la radiación solar (disipación). (Ver apartado correspondiente al aislamiento).

A la vista de los climogramas estudiados para Canarias, este sistema no sería necesario en un 80% de los casos.

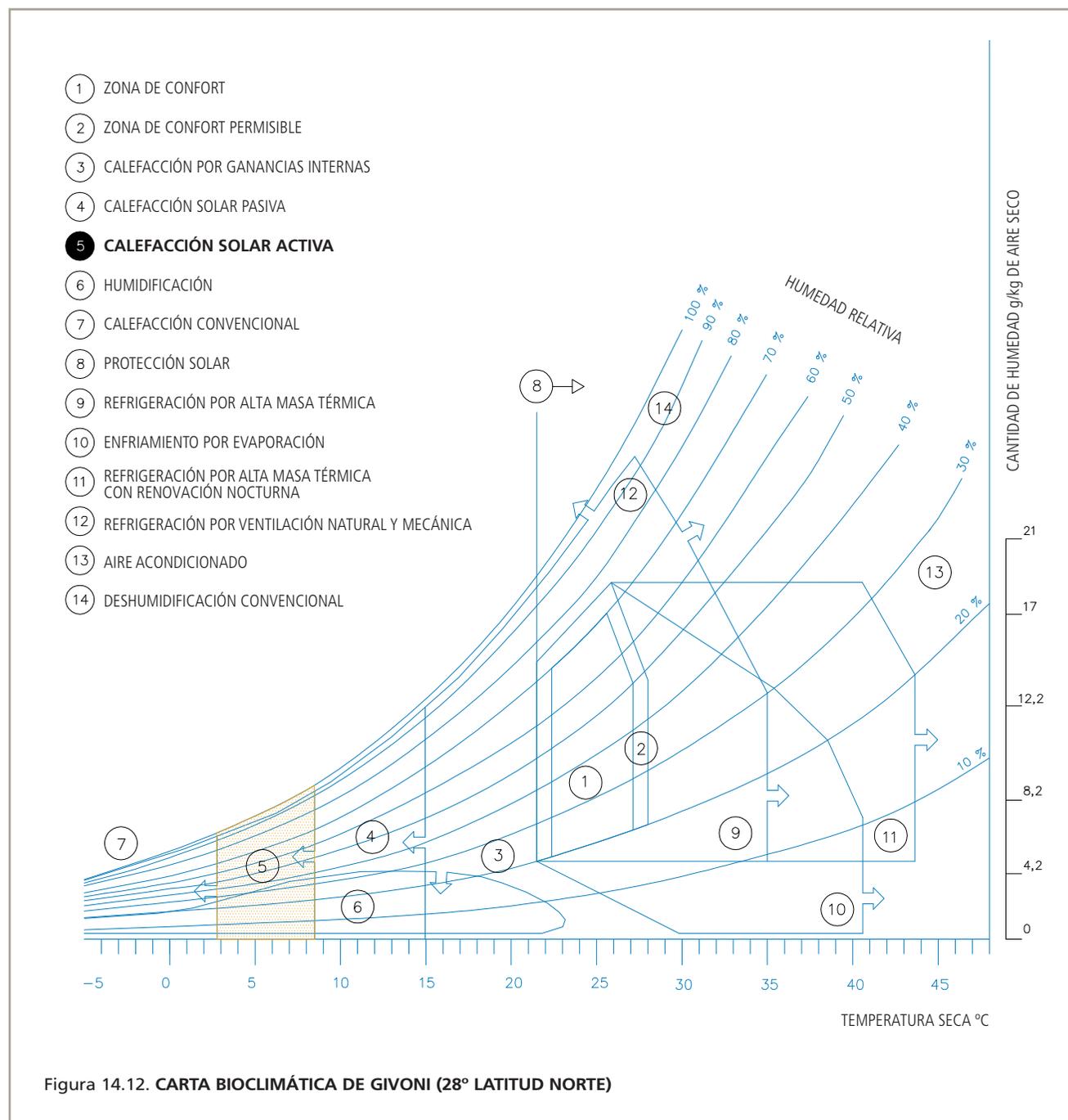


Figura 14.12. CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (28° LATITUD NORTE)

5.1. SISTEMAS DE CAPTACIÓN

En el aprovechamiento activo de la energía solar los elementos captadores pueden ser mecanismos activos independientes de alto rendimiento o mecanismos que aumenten el rendimiento de la captación pasiva (figura 14.13).

Mecanismos activos

Los elementos captadores activos de la radiación solar son en general de dos tipos, con fundamentos y usos diferentes.

En unos, la captación de la radiación se hace en forma de calor. Los captadores domésticos basados en este principio, lo hacen a través del calentamiento de un fluido que recorre un serpentín, bien por condiciones naturales, bien por impulsión. En las grandes centrales solares se usa la concentración de los rayos solares de un gran área por medio de reflectores. El calor así obtenido mueve una turbina para producción de energía.

Otro tipo de captadores solares recoge la energía solar en forma de energía eléctrica a través de módulos fotovoltaicos.

En los captadores domésticos se producen temperaturas no demasiado elevadas en los meses fríos con lo que suponen una solución para los sistemas de calefacción por baja temperatura. Existen captadores que consiguen temperaturas superiores, similares a los quemadores de la calefacción convencional. Es siempre recomendable la utilización de sistemas cerrados por la dureza del agua, que daña los mecanismos del sistema y redundaría en un mayor mantenimiento de los equipos.

Mejora de la captación pasiva

Otro sistema activo consiste en la mejora de los sistemas de captación pasiva. Esto puede hacerse:

- Por medio de reflectores que concentren la radiación en las zonas deseadas.
- Por la automatización de movimientos de elementos aislantes o de cierre.
- Con el uso de espejos y reflectores controlados y accionados con mecanismos externos para evitar el efecto contrario.

5.2. SISTEMAS DE ACUMULACIÓN

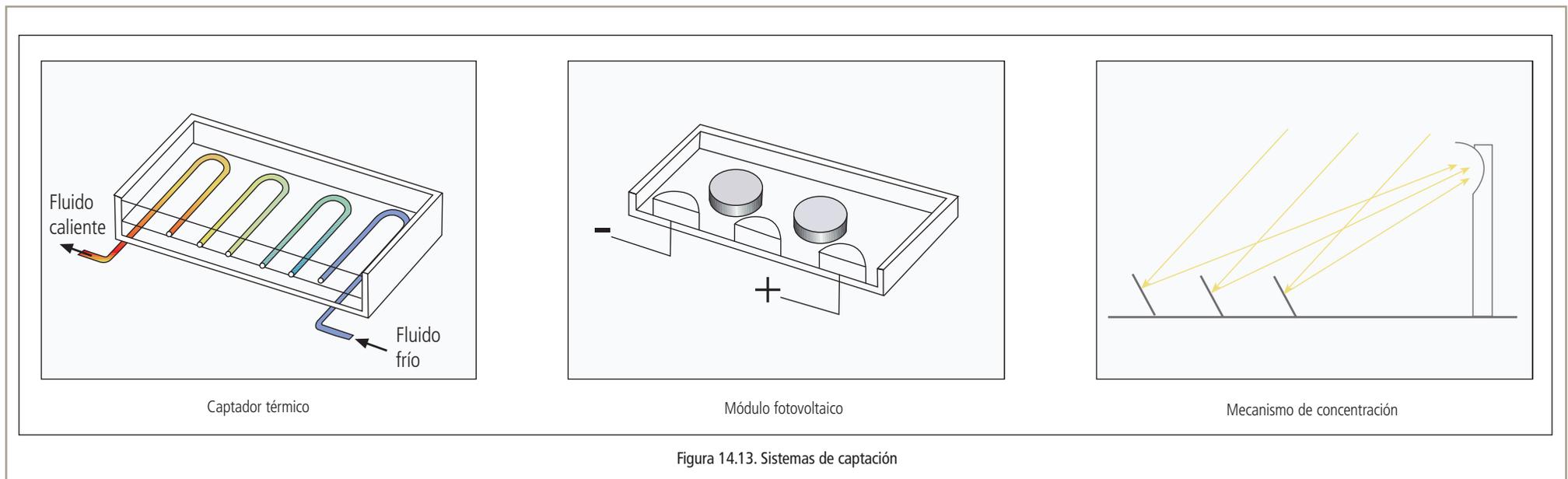
Mientras que el aprovechamiento pasivo directo e indirecto de la energía solar utiliza, para la acumulación del calor, la masa de los elementos del edificio (muros, fachadas, cubiertas, soleras,...), en el aprovechamiento activo la acumulación se realiza en "depósitos" localizados y centralizados.

Energía eléctrica

De la energía solar se puede obtener electricidad por dos métodos: utilización de células fotovoltaicas, o producción de vapor de agua y una turbina.

En ambos casos es precisa la captación mediante un panel sofisticado con células fotovoltaicas o con reflectores y lentes que permitan la concentración de los rayos solares para elevar la temperatura del agua hasta la evaporación.

La electricidad obtenida se puede acumular como tal en baterías o se puede transformar en otras energías, teniendo en cuenta que cuantas más transformaciones se hagan y cuanto menor sea la cantidad de energía, menores serán los rendimientos.



Energía potencial

La electricidad se emplea en elevar masa de agua a una determinada altura para su posterior uso.

Energía química

La electricidad se usa para provocar la electrólisis del agua y obtener hidrógeno que puede guardarse para su posterior uso.

Energía calorífica

La energía en forma de calor puede almacenarse aprovechando la capacidad calorífica de algunos materiales o por el calor latente de algunas sustancias cuando cambian de estado.

5.3. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

La distribución del calor desde el elemento de acumulación hasta las dependencias a calefactar debe adaptarse a las circulaciones de la casa y, en cualquier caso, no entorpecer la vida en la misma.

La forma más cómoda para la distribución es mediante fluidos, siendo el agua y el aire los más cómodos y usuales por el fácil mantenimiento y sustitución (figura 14.14).

Para la circulación de estos fluidos se usan bombas en el caso del agua y ventiladores y extractores cuando se trata de aire.

Como ya se ha indicado, los captadores solares habituales no pueden alcanzar en el fluido de distribución temperaturas muy altas, por lo que son muy eficaces en los sistemas de calefacción de baja temperatura en cualquiera de sus formas:

- Por aire caliente.
- Por radiadores de zócalo.
- Por suelo radiante.

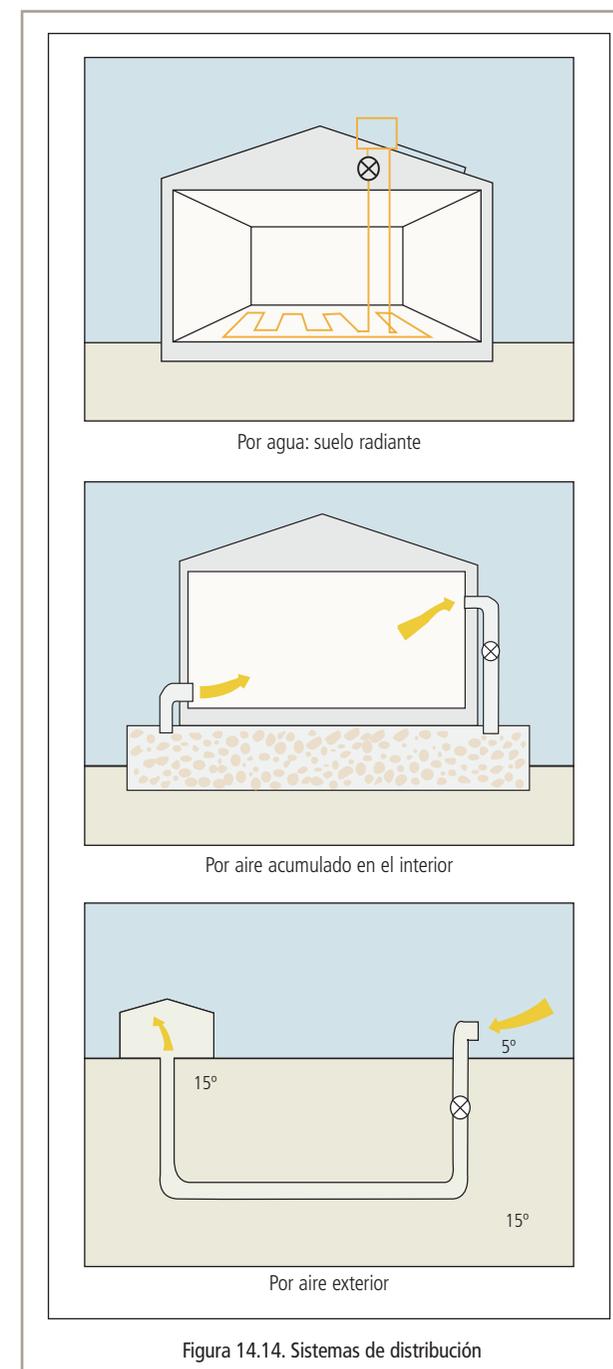
La distribución debe realizarse en el momento adecuado para evitar que se suministre calor cuando no haga falta, con posibles problemas de sobrecalentamiento.

Los sistemas de calefacción solar activa se pueden aplicar a una vivienda de diseño y construcción convencional, especialmente a las viviendas ya existentes.

Un perfecto aprovechamiento de la radiación solar se obtiene cuando se combinan los dos sistemas pasivo y activo de energía. El calor obtenido puede ser mayor y más controlado.

Aunque se está tratando específicamente de la construcción de la vivienda bioclimática, las medidas aquí descritas para obtención de agua caliente son aplicables a la producción de agua caliente sanitaria. La determinación de la superficie necesaria por usuario está en función del tipo de captador, la orientación, la latitud y las condiciones particulares de la zona.

En general podría decirse que en Canarias la mejor posición para equipos activos de captación solar sería con orientación al Sur (con una desviación posible de hasta 15° Este a 15° Oeste) y una inclinación de 28° + 10° con la horizontal para equipos que funcionen en invierno (calefacción) y una inclinación de 28° - 10° con la horizontal para equipos que deban funcionar todo el año (agua caliente sanitaria, fotovoltaica, etc.). En todo caso se recomienda consultar a los fabricantes e instaladores de los equipos que se vayan a instalar.



REFERENCIA AL NUEVO CÓDIGO TÉCNICO

La Exigencia Básica HE 4 "Contribución Solar Mínima de Agua Caliente Sanitaria" sostiene que "en los edificios con previsión de demanda de agua caliente sanitaria una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda total de agua caliente del edificio. Los valores derivados de esta exigencia tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores más estrictos que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su ámbito territorial."

Según el propio CÓDIGO, Canarias se encuentra en la zona V, con una Radiación Solar Global Media Diaria Anual sobre Superficie Horizontal $\geq H$ de 18 MJ/m² (5 kWh/m²), exigiéndosele una contribución solar mínima, tanto para energía de apoyo con efecto Joule como general (gas, propano...), de un 70% y para cualquier demanda de ACS.

Igualmente el CÓDIGO TÉCNICO afirma en su apartado 12, art. 2.1. de esta sección HE 4, que "se considerará como la orientación óptima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:

- Demanda constante anual: la latitud geográfica.
- Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°.
- Demanda preferente en verano: la latitud geográfica -10°.

En la Tabla 2.3. (Sección HE 4), se indican los porcentajes de pérdidas límite en función de la orientación e inclinación del sistema generador, y sombras.

El apartado 2 del artículo 3.3.1. establece que "en una instalación de energía solar, el rendimiento del captador, independientemente de la aplicación y la tecnología usada, debe ser siempre igual o superior al 40%. Adicionalmente se deberá cumplir que el rendimiento medio dentro del periodo del año en el que se utilice la instalación, deberá ser mayor del 20%".

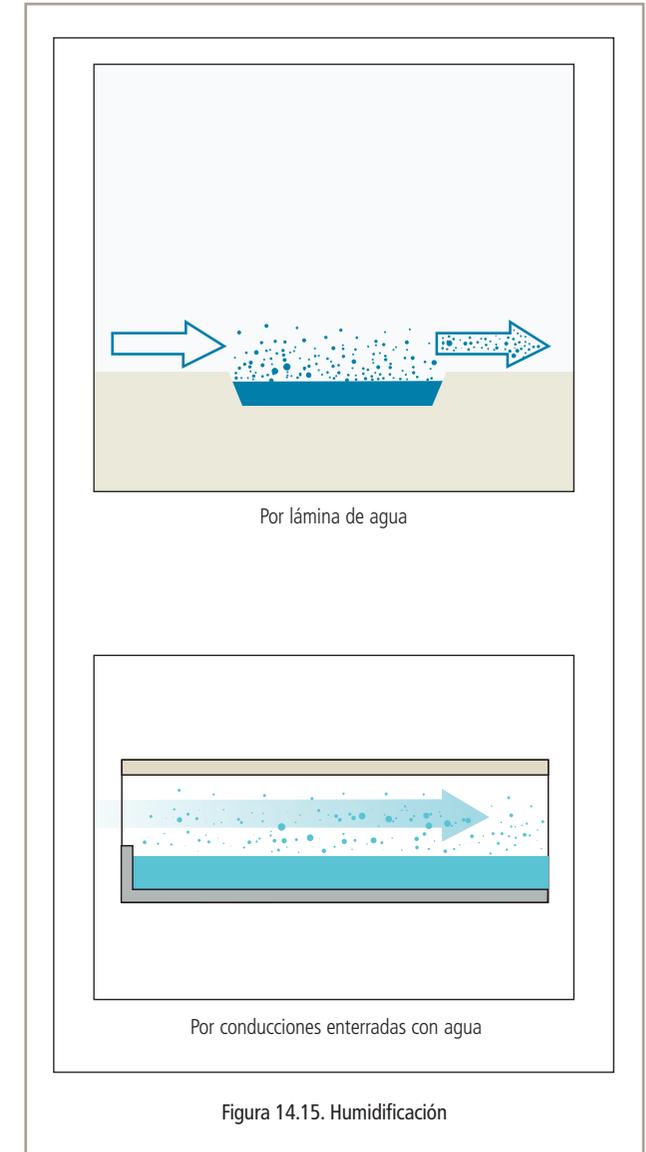
6. HUMIDIFICACIÓN

Esta zona del diagrama de Givoni comprende las situaciones con un grado de humedad relativa menor del 20%, siendo la temperatura menor de los 23°C, y entre los 5°C y los 13°C con un grado de humedad menor al 35% (figura 14.16). Se une en parte de esta zona el efecto de la falta de humedad con el del frío. Para alcanzar el confort se busca el aumento de la humedad relativa del interior del local, proceso que en general deberá ir acompañado por alguno de los sistemas de calefacción existentes.

El aporte de humedad se realiza introduciendo aire en el recinto, al cual se le hace pasar previamente por una superficie húmeda. Los sistemas pueden ser varios (figura 14.15):

- Láminas de agua, fuentes, estanques o surtidores, en el interior del recinto, o bien en la zona exterior de toma de aire.
- La introducción del aire a través de superficies de agua por tubos enterrados con un tercio de su altura llena de agua (combinación de humedad y equilibrio térmico).
- Paso del aire por filtros húmedos que serán los que aporten el grado de humedad.
- Presencia de vegetación, a ser posible frondosa y de hoja grande. Es fundamental la elección del tipo de vegetación a

colocar, sobre todo en el exterior, ya que debe ser lo más integrada posible, tanto en el paisaje, como en el clima de ubicación (se recomienda siempre el uso de especies autóctonas o de fácil aclimatación).



Para realizar el aporte de aire pueden utilizarse medios pasivos (tiro forzado, diferencias de presión, etc) o bien medios mecánicos activos.

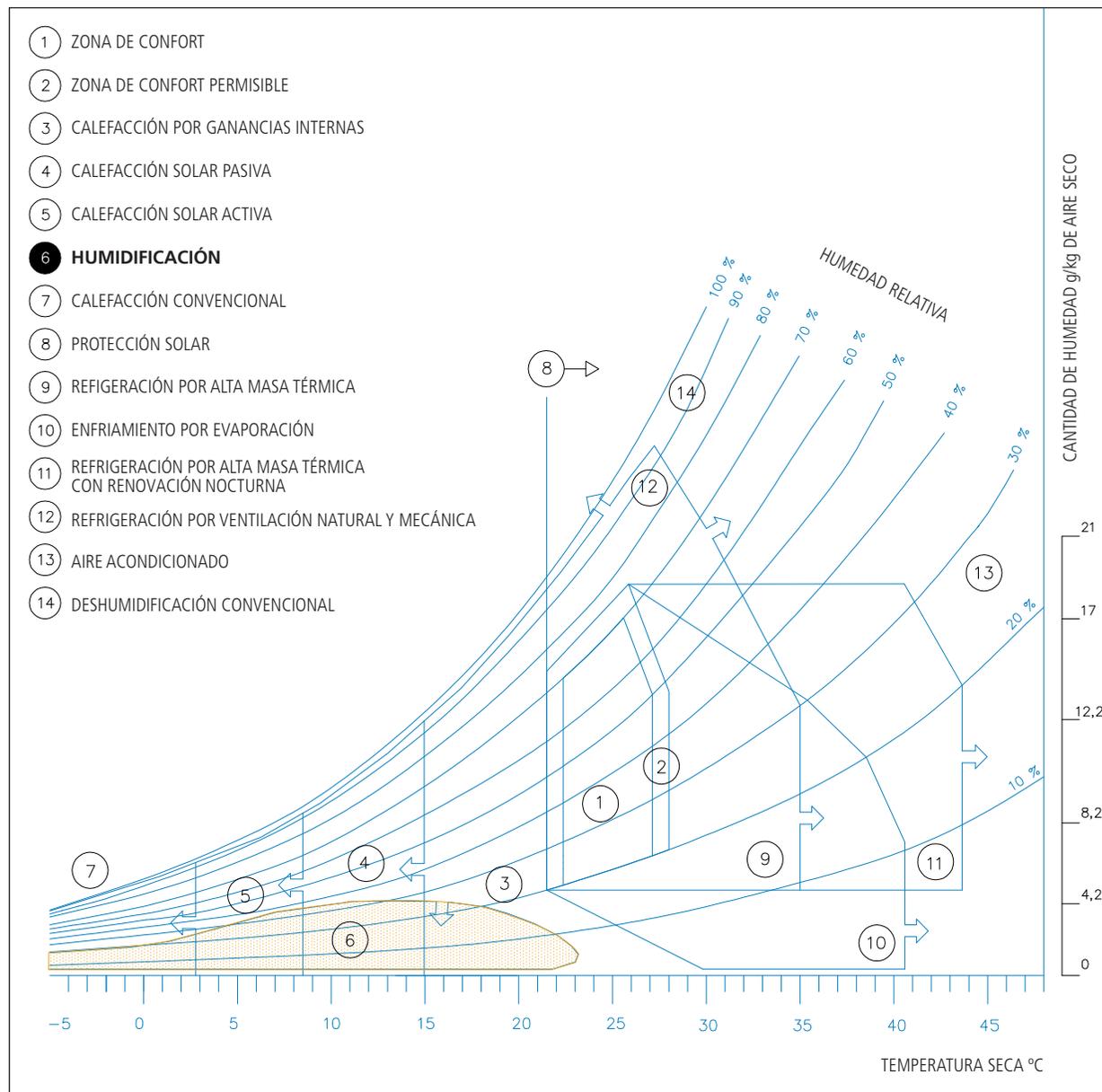
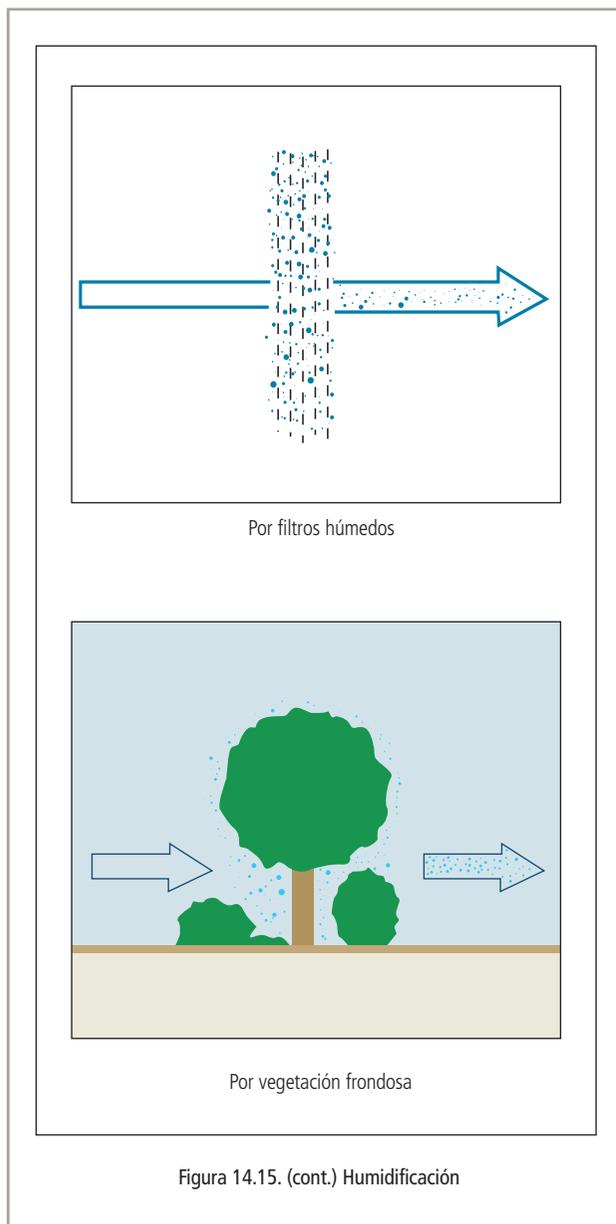


Figura 14.16. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

Este concepto siempre va en combinación con alguno de los sistemas de calefacción estudiados. Sólo en casos de temperaturas que oscilen entre 20°C y 23°C, y con humedades relativas inferiores al 15%, podría alcanzarse el confort con la única aportación de humedad, aunque para ese caso hay sistemas más convenientes de utilización.

En estos procesos el agua es un elemento fundamental, tanto en el caso de la humidificación del aire como en el de empleo de vegetación (riego). Podrá, pues, utilizarse en zonas donde no existan problemas de escasez y sequía, pues en caso contrario el sistema sería desaconsejable.

El inconveniente de estos procedimientos es el complicado control de la cantidad de humedad en el aire, ya que para ello se tendrían que utilizar sistemas automatizados con sensores y sistemas de aporte de humedad controlada, aunque hay que decir que nunca se debe llegar a aportes de humedad que hagan inconfortable el ambiente.

Por otro lado, existen aparatos humidificadores, algunos de ellos móviles, que además de humidificar, purifican el aire, al disponer de filtros que retienen las partículas en suspensión. Son aparatos que se englobarían dentro de los sistemas activos, ya que para su funcionamiento es necesario el consumo de energía eléctrica. Existen algunas versiones con alimentación continua de agua.

7. CALEFACCIÓN CONVENCIONAL

En Canarias no se da esta situación en ninguno de los climogramas estudiados con las temperaturas medias

El área correspondiente en el diagrama de Givoni denominada calefacción convencional, es la más extrema, y ocupa todas las situaciones con una temperatura inferior a 2,5°C (figura 14.17).

El aumento de temperatura necesario para alcanzar la sensación de confort, no puede producirse únicamente por medios bioclimáticos activos y pasivos, sino que hay que acudir a medios

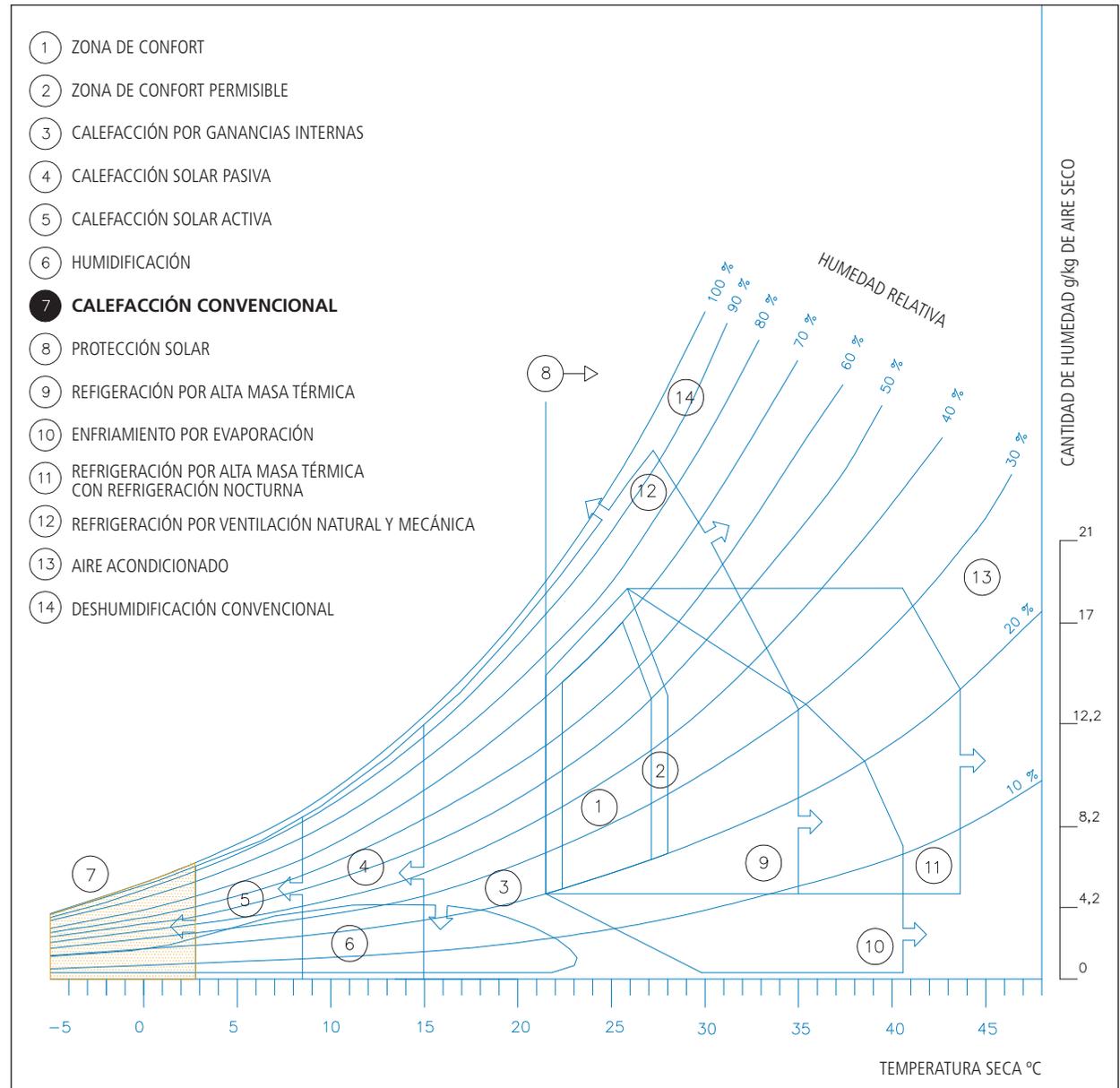


Figura 14.17. Carta bioclimática de Givoni (28° latitud Norte)

de calefacción convencionales, con producción de calor mediante el consumo de algún tipo de energía (carbón, gasóleo, gas, electricidad).

En cualquier caso, habrá que tener en cuenta que un adecuado diseño del edificio, una buena elección de los materiales para un buen aprovechamiento pasivo de la energía solar y los aportes de elementos de aprovechamiento activo, permiten que el uso de la calefacción convencional no sea con carácter prioritario, sino como sistema de apoyo. En cualquiera de los casos se consigue una importante reducción del consumo de energía, una simplificación de los sistemas o una reducción en su dimensionamiento.

Se pueden distinguir dos tipos de calefacción según sea la temperatura de salida del fluido de distribución, siendo necesario unos 90°C (alta temperatura) para sistemas de emisores con distribución bitubular o monotubular, o unos 40°C (baja temperatura) para sistemas radiantes, bien sea por suelos o techos.

Los sistemas de baja temperatura pueden entroncar con la calefacción solar activa, utilizando captadores solares como fuente de energía y apoyados, en caso necesario, por sistema convencionales.

Es importante tener en cuenta una serie de aspectos, a la hora de seleccionar el tipo de instalación a realizar y el combustible a utilizar.

Tipo de instalación

Los sistemas de distribución del calor, también convencionales, serán función del tipo de fluido que intervenga (agua, aceite, aire), de modo que sean necesarios o no, elementos intercambiadores de calor.

Se debe tener en cuenta no sólo el coste inicial de la propia instalación, sino también el coste de mantenimiento y la repercusión de las posibles averías, así como la posibilidad de instalaciones mixtas que cubran diferentes tipos de necesidades.

Tipo de combustible

Además de los costes de consumo, teniendo en cuenta los rendimientos de las instalaciones y el poder calorífico de los

combustibles, es de gran importancia el nivel de contaminación que produce cada producto en su combustión, así como las diferentes posibilidades de reciclaje (humos, combustible no consumido, etc.)

Un factor importante es la posición del elemento emisor dentro del recinto, ya que, como se puede observar en la figura 14.18, tiene gran influencia en el comportamiento de la temperatura interior; en dicha figura se estudian diversas posiciones de los elementos emisores, así como diversos sistemas de calefacción. Se analiza la distribución de temperaturas tanto en horizontal (a un nivel de 70 cm del nivel del suelo), como en vertical (en el centro de la habitación), para los casos de tener un buen aislamiento en el muro exterior, y en el caso de tenerlo mínimo.

En el caso de calefacción por suelo radiante, la elección del tipo de pavimento influye decisivamente en el rendimiento del sistema; como ejemplo, se puede observar en la tabla 14.8 la

emisión de una calefacción de suelo radiante con agua a 40° y con un paso o distancia entre tubos de la instalación variable entre 7,5 y 30 cm para una temperatura ambiente de 19°C, habitual para este tipo de instalaciones.

Es decir, que para conseguir unos 85 W/m² de emisión, la instalación por suelo que resulta necesaria para un pavimento cerámico o pétreo se incrementa en un 33% en el caso de pavimento de parquet y en un 300% en el caso de pavimento de moqueta.

Con la misma instalación y tomando como rendimiento el 100% de la emisión a través de un suelo cerámico, el uso de parquet lo reduce hasta el 80% y el de moqueta hasta el 40%.

Tipo de pavimento	Distancia cm Paso de tubo	Emisión W/m ²
Cerámica	7,5	148
	15	122
	22,5	102
	30	86
Parquet madera	7,5	120
	15	102
	22,5	88
	30	75
Moqueta	7,5	85
	15	76
	22,5	68
	30	59

Tabla 14.8. Emisión del suelo en W/m²

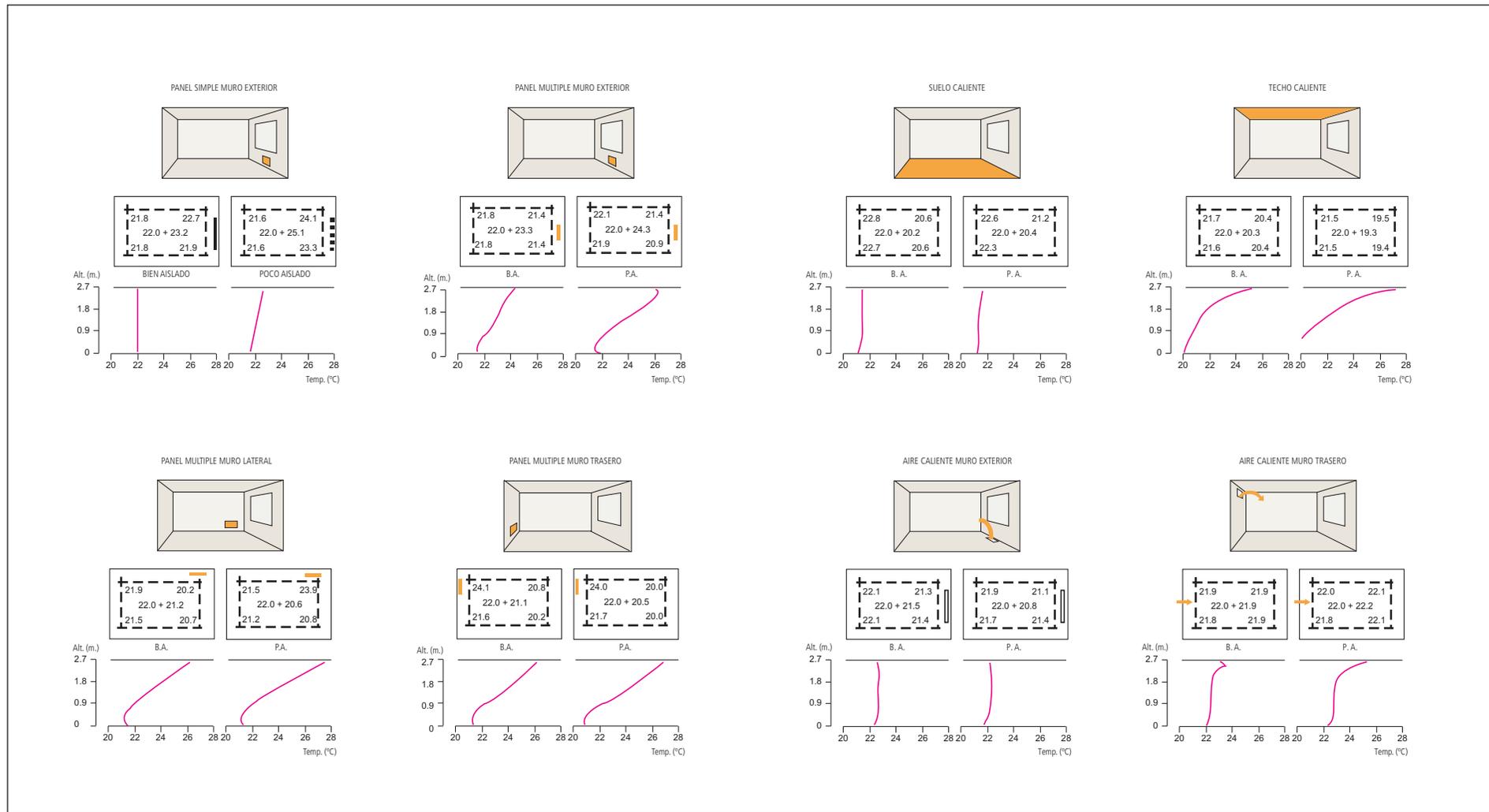


Figura 14.18. Comportamiento de la temperatura interior en función de la ubicación y tipología del elemento emisor y del aislamiento

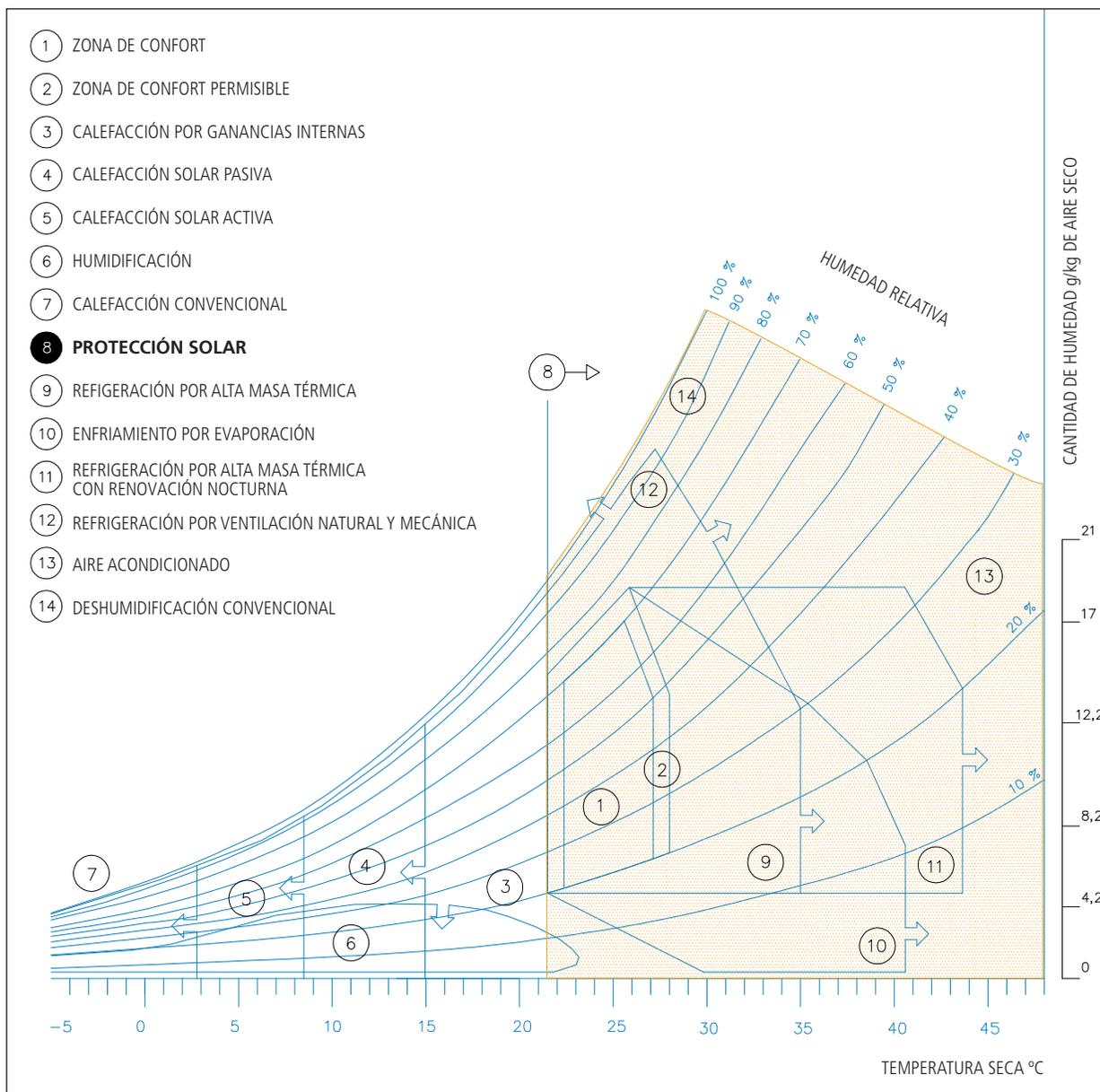


Figura 14.19. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

8. PROTECCIÓN SOLAR

La protección solar, según el Diagrama de Givoni adaptado al clima canario, es considerada necesaria a partir de los 21,5°C, debiéndose combinar con las demás estrategias que correspondan (figura 14.19). La misión de estos sistemas es evitar la incidencia de la radiación solar directa en la piel del edificio, bien en los huecos captoreos o de iluminación o ventilación, bien en cualquier tipo de cerramiento; es decir, estos sistemas funcionan como apantallamientos para interceptar dichas radiaciones.

Estos sistemas de protección solar son de gran utilidad en Canarias debido a la gran cantidad de radiación que existe durante el verano, siendo imprescindible en muchas ocasiones la adopción de alguna de las medidas que se exponen a continuación.

La intercepción de la energía se produce en el lugar adecuado, es decir, antes de su incidencia en el edificio. Así, la radiación obstruida es reflejada o absorbida y puede disiparse en el aire exterior.

La eficiencia de estos medios es indiscutible, con un buen diseño se pueden garantizar sus prestaciones en épocas cálidas, permitiendo la captación de radiación en la época que sean necesarias.

El parámetro con el que se indica el grado de eficacia es el coeficiente de sombra. Cuanto mayor sea este valor, menor será la eficacia del sistema, ya que la cantidad de radiación en el interior será mayor (en la tabla 14.24 se muestran los sistemas más habituales, obtenidos del libro "Design with Climate" de Olgyay and Olgyay).

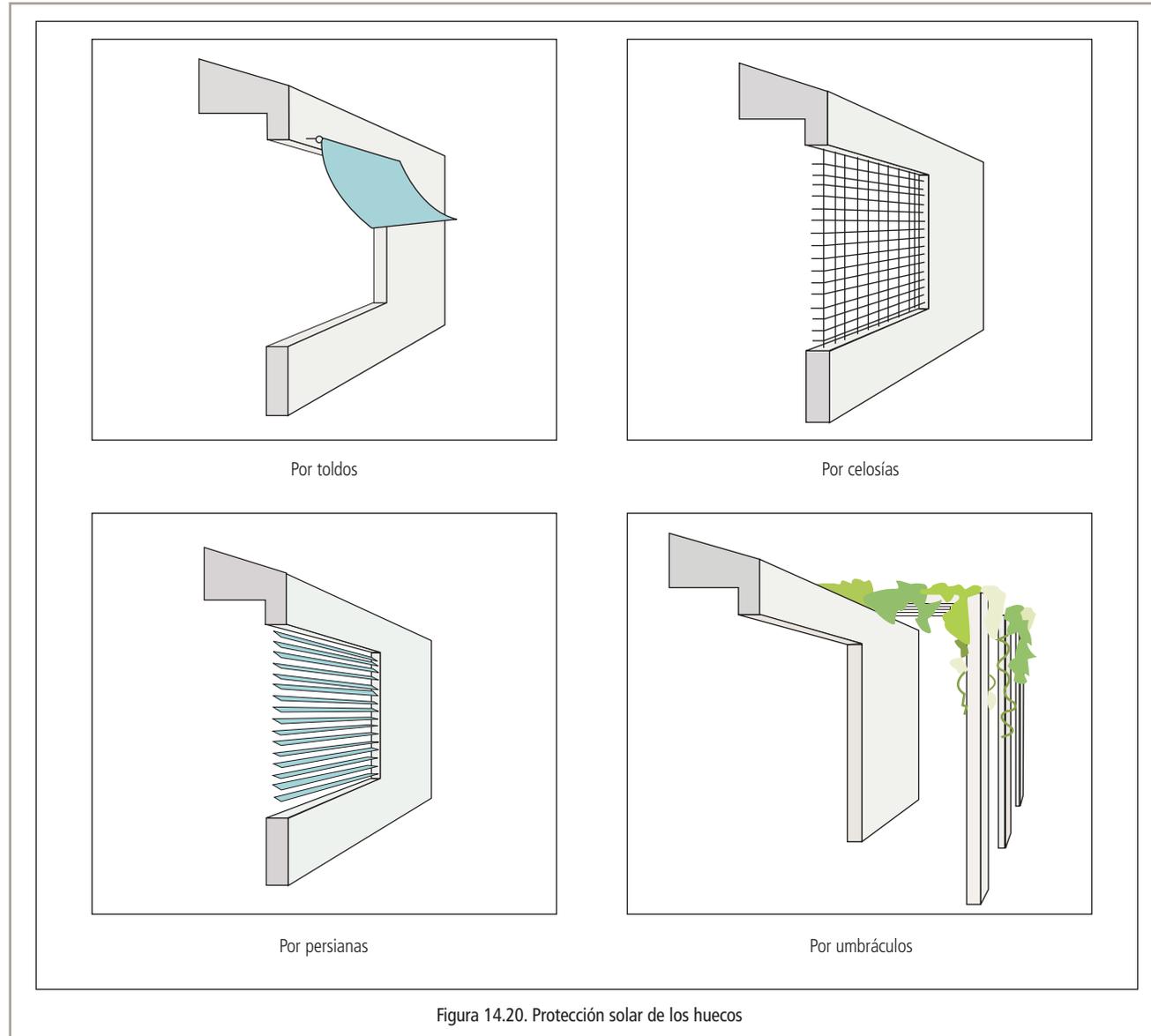
Un sistema efectivo está subordinado a múltiples factores: al sol, a la cantidad de radiación o a su ángulo de incidencia. Estos factores están acordes a la orientación, latitud y posición geográfica en la que se encuentre el edificio, lo que implica la imposibilidad de la estandarización, teniendo que diseñar la protección solar específicamente para el lugar de aplicación.

Existen unas tipologías básicas que, adaptándolas y combinándolas, darán la protección ideal para cada lugar. La elección del sistema y sus posibles combinaciones son atribuciones del diseñador.

La protección puede darse en los huecos, limitando la cantidad de radiación que los atraviesa o también pueden montarse protegiendo los cerramientos, disminuyendo la temperatura sol-aire de los mismos.

8.1. PROTECCIONES DE LOS HUECOS

Los sistemas pueden estar ubicados en el exterior del plano de la fachada, en el interior o en la propia piel del hueco (figura 14.20).



8.1.1. Elementos exteriores

Los principales se pueden agrupar de la siguiente manera:

Estores exteriores

Las persianas venecianas, compuestas por lamas de aluminio, presenta mayores posibilidades como interceptoras de los rayos solares, produciendo sombra, además de los diferentes grados de intimidad y ventajas visuales.

El empleo de toldos es estimado, por algunos, como de gran eficacia, aunque se deben guardar ciertas precauciones: engrasar periódicamente los mecanismos, proteger el toldo enrollado, etc. La duración de los toldos se prolonga con el uso de materiales imputrefactibles.

Con respecto a los toldos hay que tener en cuenta que un toldo de plástico de color claro puede actuar como un vidrio dando lugar a un cierto efecto invernadero. Asimismo, se debe dejar una ranura con el paramento para permitir la ascensión del aire caliente.

Persianas enrollables y celosías

Pueden estar compuestas por láminas de aluminio, acero, plástico, madera, etc., y adoptar distintas soluciones: persianas enrollables, proyectables, con láminas orientables, etc.

Su eficacia térmica es función de su inercia térmica, de su poder reflector y de su separación de la fachada.

Las persianas proyectables proporcionan mejores resultados que las que quedan en el plano de la fachada, al aumentar el factor refrigerante.

Umbráculos

Son espacios anexos a la edificación, con un acceso de la radiación solar controlado. Suelen estar formados por estructuras ligeras no excesivamente cerradas (pérgolas), a las que se les puede combinar con vegetación de hoja caduca, para permitir la entrada de radiación solar en invierno (emparrados, etc.).

Aunque están integrados en este apartado de la protección de huecos, pues en general anteceden a alguno de ellos, pueden también proteger muros e incluso formar espacios intermedios

sombreados entre las condiciones exteriores y el espacio interior en función de su tamaño y su disposición, facilitando el control del confort humano.

"Brise-soleil" o parasoles

Bajo esta denominación se comprenden todos aquellos dispositivos arquitectónicos, fijos o móviles, exteriores al plano de la fachada y susceptibles de dar sombra a toda o parte de la misma (figura 14.21).

Los materiales constitutivos pueden ser muy variados: hormigón, madera, aluminio, vidrios de seguridad y, en general, cualquier materia rígida con un mínimo de estabilidad ante la variación de temperaturas.

Su eficacia es función de su débil inercia térmica, de su alto poder reflector y de su forma y dimensiones, que estarán determinadas por la exposición de la fachada, la latitud, la superficie y la orientación de los elementos a proteger.

En las fachadas con orientación sur, estos medios podrán ser horizontales o verticales. En las este-oeste, la disposición deberá ser obligatoriamente vertical, al ser el ángulo de incidencia casi perpendicular al plano.

Los "brise-soleil" horizontales pueden ser fijos o móviles, pero los verticales serán preferentemente móviles y orientables, a fin de no perder parte de su eficacia en ciertas horas del día.

Los sistemas móviles están compuestos por láminas opacas, o al menos translúcidas, cuyo eje de giro permite su regulación conforme al ángulo de incidencia de los rayos solares, impidiendo su paso, así como el de los reflejados. Como orientación se puede decir que las láminas deben tener una anchura igual a 1,5 "L", siendo "L" el espacio existente entre dos láminas.

La realización de parasoles fijos suele ser más complicada, pues para mantener su funcionamiento durante un período de tiempo, se obtienen grandes dimensiones que pueden resultar excesivas por exigencias derivadas de la orientación del edificio.

Las formas y combinaciones que pueden adoptar estos sistemas pueden llegar a ser infinitas.

El tamaño exacto de las diferentes protecciones deberá determinarse por medio de las cartas solares de modo que, según las necesidades de cada lugar en los momentos en que haya que sombrear, se conozca el ángulo de incidencia de los rayos del sol en cada época determinada para poder definir los tiempos de funcionamiento del sistema y, sobre todo, para no sombrear los huecos captadores en períodos en los que se necesita radiación, pues no siempre es posible conseguir radiación solar y sí sombrear con elementos móviles.

Vegetación

Interponer elementos arbóreos delante del hueco, en edificios de relativa altura, da resultados generalmente muy positivos, dependiendo tanto del tipo de árbol, como de su desarrollo biológico particular (figura 14.22); las recomendaciones para su utilización serían: árboles de hoja caduca para orientaciones, E, SE, S, SO y O; emparrados caducos horizontales a Sur, y cortinas vegetales o trepadoras a E, O y N. Obviamente este sistema puede intervenir tanto en la protección de huecos como en la de los cerramientos creando espacios en sombra.

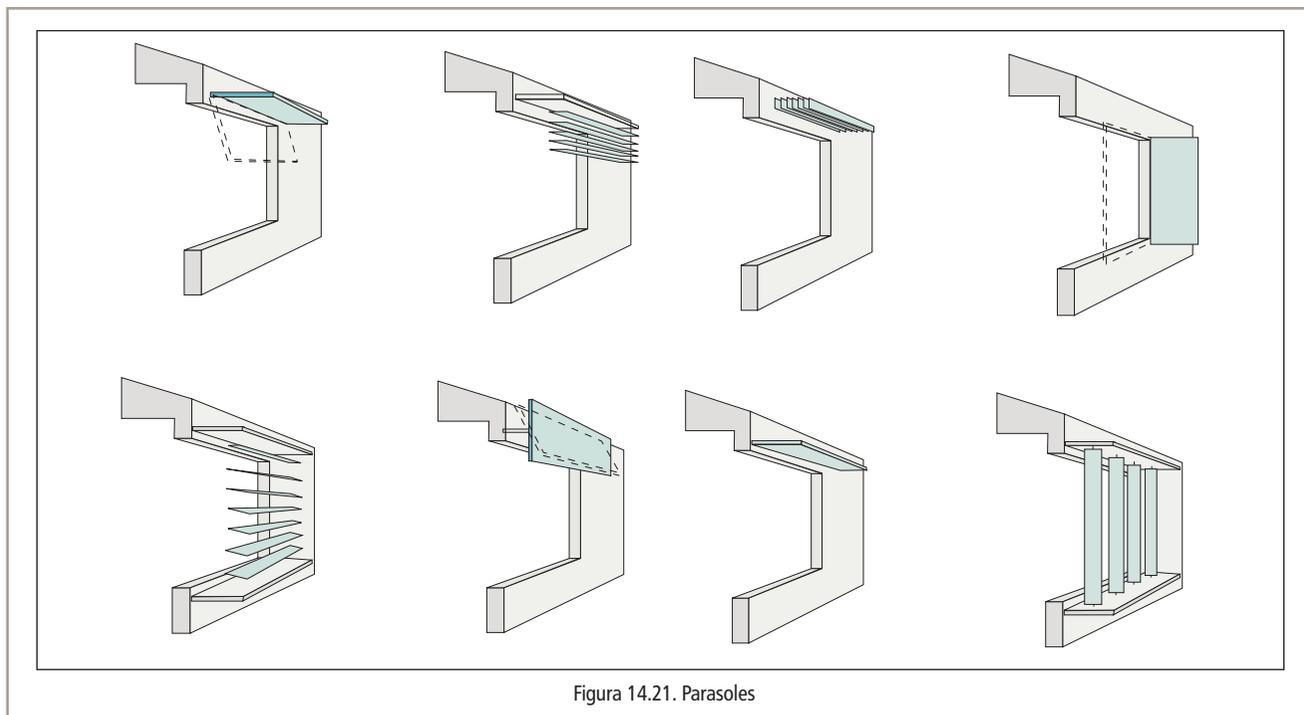


Figura 14.21. Parasoles

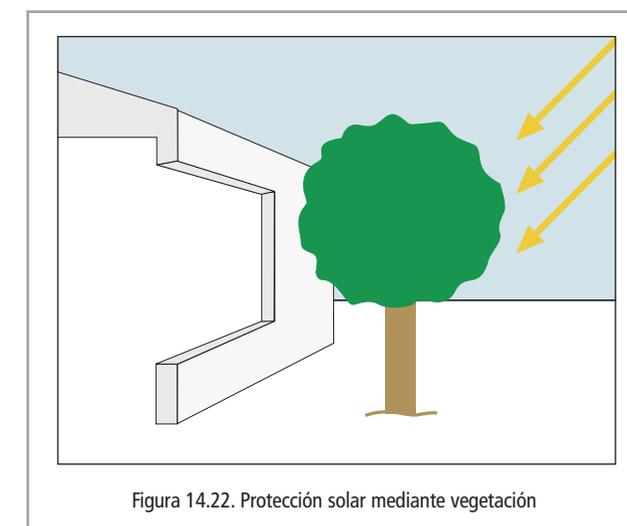


Figura 14.22. Protección solar mediante vegetación

8.1.2. Elementos interiores

También se podrían utilizar estores y persianas, pero está demostrado experimentalmente que todos los dispositivos interiores transmiten un porcentaje importante de las calorías recibidas y que varía de un 60% a un 80%, según la distancia a que se encuentren del hueco acristalado, por lo que nunca se deben utilizar como elementos únicos, debiéndose combinar con algún otro sistema de los analizados en este apartado para evitar el efecto invernadero del sol una vez que atraviesa el cristal.

8.1.3. Los medios en la piel del hueco

Serán, principalmente, tratamientos especiales de fabricación o adosamiento de algún elemento, siempre sobre un vidrio soporte. Un factor a tener en cuenta es la reducción del factor de transmisión luminosa (TL), lo cual implica una reducción de la luz en el interior del recinto (figura 14.23).

Vidrios con tratamientos especiales

Las diferentes opciones, con el fin de alterar voluntariamente las características espectro-fotométricas del vidrio, surgen partiendo del vidrio más convencional, mediante el efecto de alguna de las actuaciones siguientes:

- Modificaciones en su composición.
- Transformaciones en su superficie.
- Asociación con otros productos.
- Combinación de varias acciones o productos.

Se agrupan principalmente en vidrios absorbentes, vidrios reflectantes, vidrios de baja emisividad, y vidrios selectivos con los espectros de radiación.

Vidrios absorbentes

Su función principal es limitar la cantidad de ganancias solares a través del hueco, mediante la variación del factor de absorción energética (AE).

Cuanto mayor sea el valor de este parámetro, menor será la cantidad de energía que atraviese el elemento. Hay que indicar que no toda la energía absorbida es eliminada hacia el exterior;

existe un porcentaje que es remitido hacia el interior y que va en función principalmente de la temperatura de cada cara del vidrio.

La modificación de este valor se obtiene coloreando la masa de un vidrio base, tipo Planilux, con óxidos metálicos que, en función de su poder absorbente, obtiene los diferentes grados de absorción.

Con este tipo de modificaciones se puede llegar a obtener vidrios que, manteniendo un valor de transmisión luminosa (TL) relativamente alto (60%), posean un valor bajo (30%) de la transmisión energética (TE), actuando fundamentalmente en la absorción de la banda infrarroja de la radiación solar.

Estos vidrios pueden utilizarse como sustrato para otras modificaciones, como tratamientos superficiales, adhesión de láminas, o bien formar parte de acristalamientos dobles aislantes.

La energía solar absorbida por estos vidrios puede provocar la rotura de los mismos por el choque térmico, para evitar este extremo se deben refrigerar los vidrios o someterlos a un tratamiento de aumento de resistencia.

Vidrios reflectantes

Su misión principal es la reducción de la radiación incidente aumentando el factor de reflexión, tanto de la energía térmica (RE) como de la lumínica (RL).

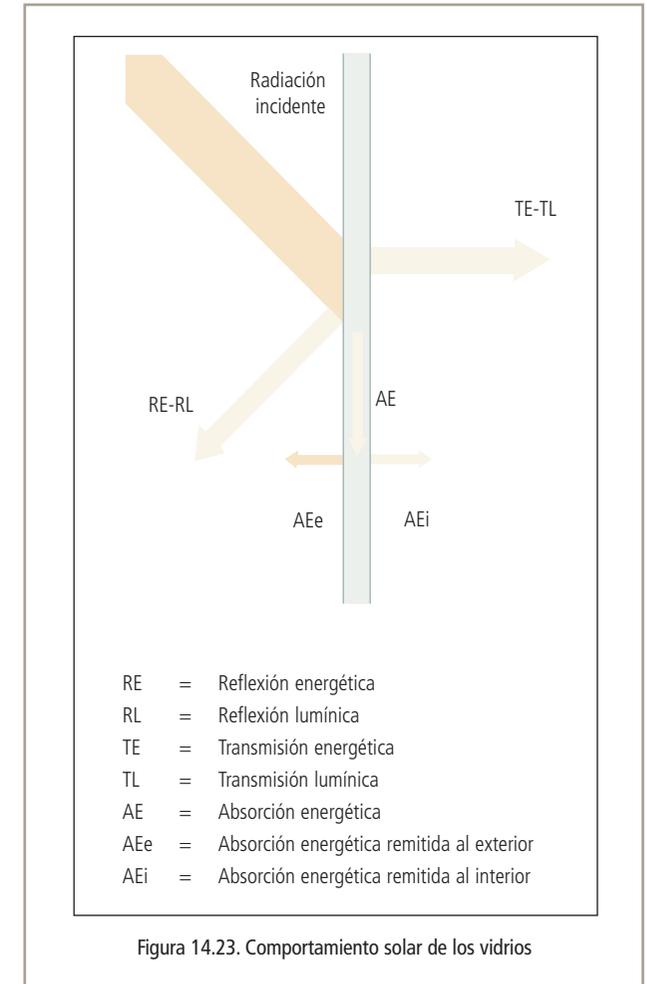
Se obtienen por medio de diferentes tratamientos superficiales de una de las caras de la lámina de vidrio. Los resultados obtenidos dependen del tipo de vidrio base, del material que conforma la capa y del proceso seguido para su fabricación.

Su funcionamiento es variable según sea la posición de la cara en la cual se ha aplicado el tratamiento.

Pueden ser utilizados como vidrios monolíticos o bien en acristalamientos dobles: en ambos casos, la cara tratada se dispondrá en el exterior, obteniéndose así el funcionamiento deseado.

La cantidad de luz que penetra está en función de los valores del factor de transmisión luminosa (TL), eliminándose en todo caso el efecto de deslumbramiento.

La aplicación de estos vidrios no varía el valor del coeficiente de transmisión de calor, K, del elemento base, no influyendo por tanto en el aislamiento del edificio. Si la cara tratada está



colocada hacia el interior, permitirá la reflexión del calor interior del recinto, evitando pérdidas, y además se producirá el efecto, desde el interior, de ver sin ser visto.

Con estos tratamientos se consigue una elevada gama de colores y variantes en los parámetros solares (reflexiones, transmisión luminosa, etc...).

Vidrios de baja emisividad

Son vidrios tratados en una de sus caras con capas de precipitaciones metálicas, que constituyen una barrera capaz de blo-

quear buena parte de la radiación calorífica de un edificio (infrarrojos de larga longitud de onda), reenviándola hacia el interior y evitando la pérdida calorífica.

Por otro lado, permite el paso de la radiación solar, visible e infrarroja de corta longitud de onda, con las ganancias térmicas que ello conlleva.

La función principal de estos vidrios es la de limitar las pérdidas térmicas y, por ello, se utiliza siempre como componente de un acristalamiento aislante.

El factor de transmisión luminosa es similar a la de la luna base, por lo que la transparencia es una de sus características, aspecto muy apreciable en el caso de viviendas.

El factor solar de estos productos es relativamente alto, lo que favorece la posibilidad de aportes exteriores.

Estas características, junto al bajo coeficiente K del conjunto (alrededor de la mitad de un acristalamiento doble normal), convierten a este material en opción factible en el campo de la arquitectura.

La localización recomendable de estos elementos es en aquellas orientaciones en las cuales interesa preferentemente un mejor aislamiento que controlar el acceso de los aportes solares (norte) ya que en zonas de aportes interesantes (sur) interesa más que las ganancias sean lo mayor posible.

Vidrios selectivos con los espectros de radiación

Son aquellos que dejan pasar un determinado espectro de radiación, bloqueando el resto. Reducen las ganancias de calor, teniendo un gran nivel de iluminación natural.

Las propiedades de estos vidrios pueden ser alteradas, bien a voluntad (acristalamientos electrocomandados), bien como respuesta a las condiciones exteriores (acristalamientos inteligentes). Son el objetivo de las investigaciones más recientes.

Varios son los métodos: termocrómicos, fotocromáticos, electrocromáticos, con cristales líquidos, con películas holográficas.

- **Vidrios termocrómicos.** Son vidrios con ciertas capas que cambian sus propiedades ópticas por la acción del calor.
- **Vidrios fotocromáticos.** Los vidrios que contienen agentes fotocromáticos cambian su transmisión luminosa (oscurecimiento), por el efecto de la irradiación. Este efecto es reversible

volviendo a su estado anterior cuando desaparece el estímulo. Actualmente tienen un elevado coste.

- **Vidrios electrocromáticos.** Las propiedades ópticas son variadas a voluntad por el efecto de un potencial eléctrico. El tiempo de reacción es muy pequeño (segundos), cambiando la transmisión luminosa desde un 80% (máx) hasta un 5% (mín) de la luz incidente. La reacción es reversible, mediante la aplicación de un potencial eléctrico de sentido contrario al inicial. Está en desarrollo de investigación.

Vidrios con cristales líquidos

Los cristales líquidos son estados intermedios entre la fase líquida y la sólida que presentan ciertos compuestos orgánicos. Poseen varias arquitecturas moleculares variables, una fase con orden orientacional (fase "Nemática") y otro con torsión (fase "Colestérica"). Estos dos estados presentan una transmisión luminosa diferente.

La aplicación de un campo eléctrico, bajo cierta frecuencia e intensidad, puede hacer girar dichas moléculas y cambiar el espectro de transmisión (color) o solamente la difusión de la luz (transparencia u opacidad). Este cambio es totalmente reversible. Una aplicación en el mercado es el "PRIVALITE".

- **Vidrios con películas holográficas.** Son vidrios estratificados que, además del intercalado de unión (PVB), llevan en su interior un film fotográfico sobre el que se han impresionado ondas coherentes, producidas por una radiación monocromática láser, provenientes de diferentes direcciones.

Esta estructura de capas interferenciales puede reflejar determinadas longitudes de onda y permitir el paso de otras en función del ángulo de incidencia. Una de sus aplicaciones puede ser la obtención de capas filtrantes selectivas que reflejen la banda infrarroja y transmitan la visible sin dispersión cromática. También podría dar lugar a acristalamientos de colores cambiantes en función de la incidencia de la luz. Está en fase de investigación.

Elementos adosados al vidrio

Consiste en adosar una lámina exterior, combinación de políester y metales, adherida mediante adhesivo o proyectada (lacas).

Actúan de dos formas, por absorción, de parte de la radiación tanto energética como lumínica, o por reflexión, de la radiación infrarroja y de la lumínica.

El principal inconveniente de estos productos es el desconocimiento de su comportamiento ante el paso del tiempo (envejecimiento), tanto de la propia lámina como de los adhesivos utilizados para su colocación, al ser un producto de reciente implantación y no poder ratificar en la práctica los resultados de laboratorio.

Por otro lado, al ser un material de rápida y sencilla instalación, y sin mantenimiento, se convierte en una protección económica y adaptable a cualquier tipo de edificio.

Poseen gran variedad de colores: plata, humo, oro, bronce, verde, ámbar.

8.2. PROTECCIONES DE LOS CERRAMIENTOS

La disminución de la temperatura de la superficie exterior del cerramiento tiene una gran influencia en la distribución interior de temperaturas. Este efecto de disminución de temperatura puede conseguirse, bien aumentando las cualidades de reflexión del paramento por medio de colores claros, revestimientos reflectantes, etc., o bien mediante algunos de los sistemas ya vistos para los huecos, que interceptan la radiación solar antes de incidir sobre el muro (parasoles, umbráculos, vegetación, etc).

En la tabla 14.9 se pueden observar los diferentes porcentajes de absorción de la radiación incidente en diferentes tipos de superficies.

Tipo de superficie	% Absorción
Reflectantes	0,20
Rugosas de color blanco	0,25-0,40
Amarillo al amarillo oscuro	0,40-0,50
Verde, rojo y marrón	0,50-0,70
Marrón oscuro al azul	0,70-0,80
Azul oscuro al negro	0,80-0,90

Datos obtenidos de "El libro de la energía solar pasiva" de Edward Mazria

Tabla 14.9. Tabla de absorción según tipo de superficie

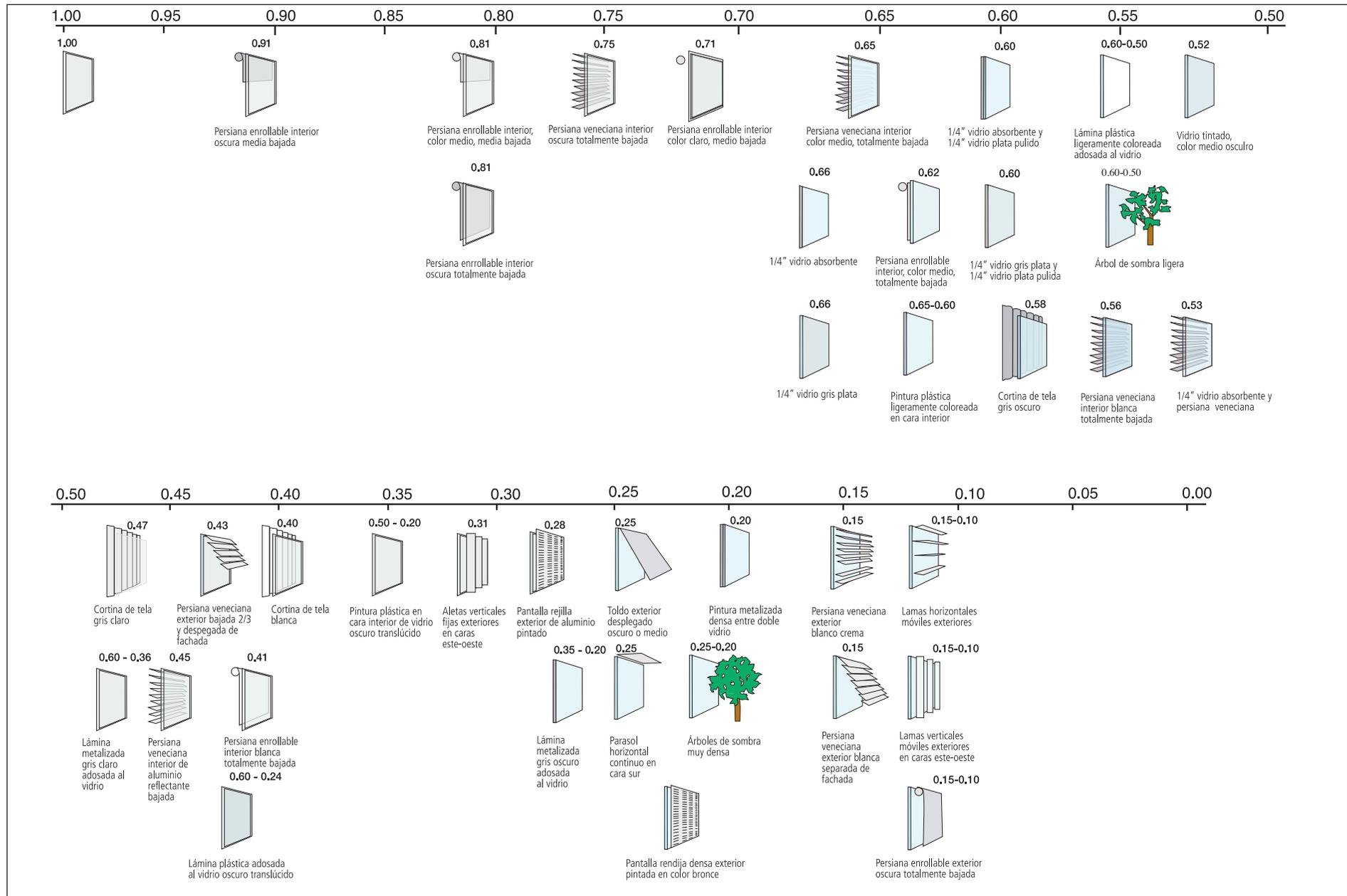


Figura 14.24. Coeficientes de sombra

9. REFRIGERACIÓN POR ALTA MASA TÉRMICA

La zona de influencia de la alta masa térmica en el diagrama de Givoni, comprende un área definida por una línea poligonal, representada en la figura 14.25, que cubre el espacio existente entre la zona de confort permisible y la línea quebrada que, partiendo de los 21,5°C y 20% HR, une los puntos definidos por 35°C y 8% HR, 35°C y 30% HR, 31,5°C y 50% HR y 25,5°C y 75% HR.

En esta región del diagrama de Givoni, para alcanzar una situación de confort en el interior de la edificación, es necesario una reducción de la temperatura, que se obtiene simplemente por el amortiguamiento de la onda térmica exterior, consiguiendo que los máximos de la onda interior estén próximos a la temperatura de confort.

En este proceso se estudian los conceptos de amortiguación, disipación y protección del calor a través del edificio. Este procedimiento es de gran eficacia cuando las temperaturas medias diarias se aproximan a la temperatura de confort.

Es fundamental el concepto de protección, sería inútil todo el proceso si se favoreciera la entrada de radiación en el espacio interior.

No toda la energía solar incidente penetra en el interior pues la onda térmica se ve amortiguada, y parte de esta onda retrocede.

La cantidad de calor que puede absorber y disipar un material está ligado a las propiedades termofísicas de cada material, siendo directamente proporcional a la admisividad de un material como ya se vio al tratar de los sistemas de acumulación anteriormente.

Además de los parámetros ya vistos en la tabla 14.3 (conductividad, calor específico y densidad), hay otros parámetros que influyen en la cantidad de energía acumulada:

- Número de capas, y sus respectivos espesores.
- Tipo de acabado y color del mismo.
- Posición relativa del aislamiento respecto al resto de las capas.

El máximo rendimiento se obtiene situando los materiales aislantes al exterior y los materiales con mayor inercia térmica en

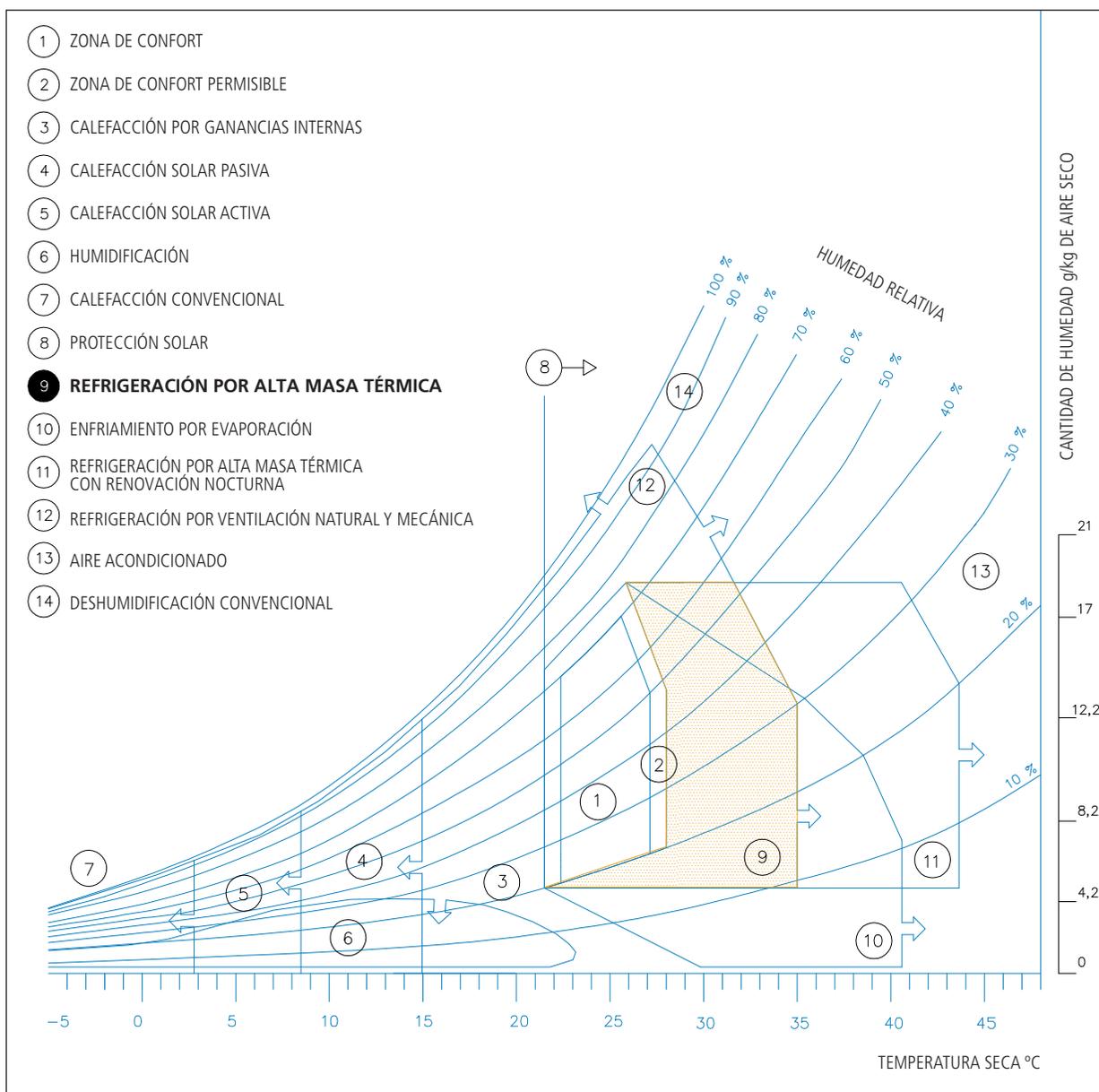


Figura 14.25. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

el interior del recinto, protegidos de la radiación solar tanto por su posición como por la situación del aislante.

Cada material y su combinación tienen modos propios de distribución de calor, capacidad de acumulación y propiedades emisoras; por ello, la selección del material, su densidad y el espesor de los elementos permitirá el control, por parte del diseñador de las horas y forma de funcionamiento del sistema. A mayor volumen de acumulación, mayor capacidad de almacenamiento de calor y mayor plazo de distribución.

El paso de la onda térmica a través del cerramiento la modifica en dos aspectos: el amortiguamiento y el desfase.

9.1. AMORTIGUAMIENTO

En la refrigeración solar, el amortiguamiento permite suavizar la oscilación térmica exterior.

El efecto de amortiguamiento consiste en la disminución de la amplitud de la misma en el interior (figura 14.26). En los muros de gran espesor los amortiguamientos se aproximan a la totalidad de la onda térmica pudiendo en el límite dejarla horizontal. Este hecho se denomina efecto de cueva o de catedral.

El amortiguamiento es una función exponencial y es proporcional a la densidad, al calor específico y al espesor, e inversamente proporcional a la conductividad, siendo aplicable esta fórmula en muros uniformes en todo su espesor; cuando se quiere estudiar un paramento real, formado por múltiples capas, se debe tener en cuenta los factores de corrección que aproximen los valores a los resultados experimentales.

9.2. DESFASE

Es el otro efecto producido en la onda calorífica al atravesar un cerramiento, consistente en el retraso de la longitud de onda un tiempo que depende de las cualidades termofísicas del muro.

9.3. DISIPACIÓN

En la refrigeración pasiva la disipación se realiza fundamentalmente por la noche y es una "acumulación de frío" absorbiendo en el día el calor del espacio de habitación.

La disipación de calor se realiza a través de los paramentos del edificio (fachadas, cubierta o solera), mediante convección, radiación y transmisión (figura 14.27).

Por las fachadas

Se produce un enfriamiento del muro por convección con la masa de aire que rodea al edificio.

Por la cubierta

Además del enfriamiento por convección con la masa de aire que rodea al edificio, se produce una irradiación de energía hacia la bóveda celeste cuya temperatura es infinitamente menor, reduciendo la temperatura del material de cubierta. Este fenómeno se da en noches despejadas y con una humedad relativa inferior al 65%, siendo más eficaz cuanto menor sea la humedad. Como puede verse en los mapas de Canarias, en casi todas las zonas este efecto va a ser mínimo.

Para mejorar la disipación se puede disponer aislamiento móvil de protección que evite la ganancia de calor durante el día y que se retirará por la noche para favorecer la irradiación hacia la bóveda celeste.

Los materiales que se utilizan tienen una elevada capacidad térmica y son, o bien agua en bolsas o recipientes o materiales pesa-

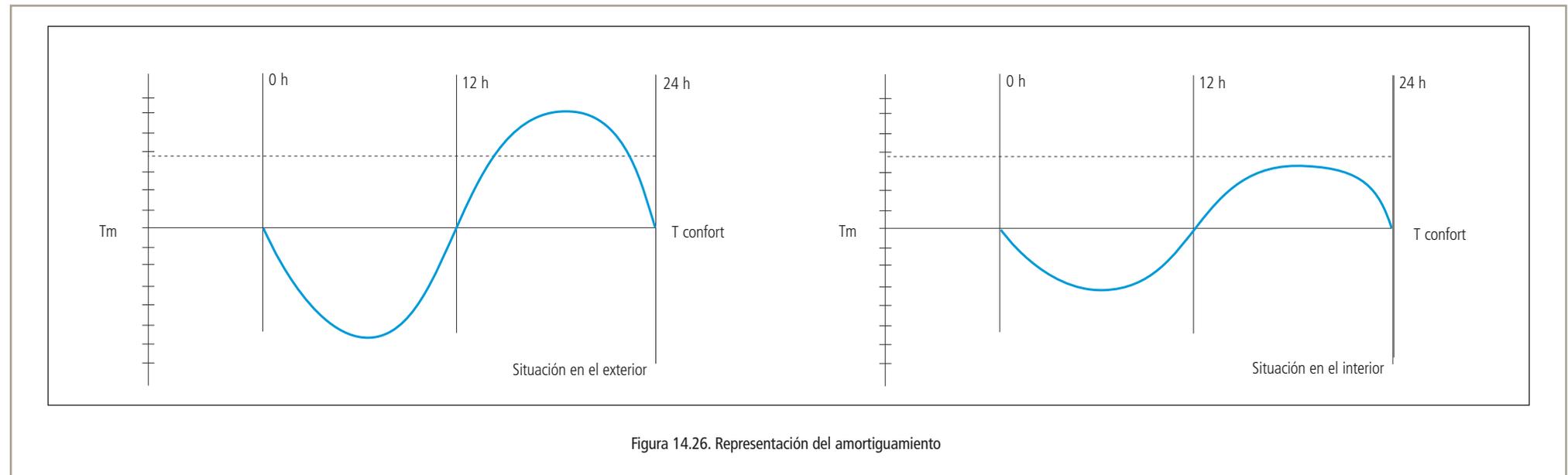


Figura 14.26. Representación del amortiguamiento

dos. Para un rendimiento medio se utilizarán 20 cm de agua ó 30 cm de material sólido (valor orientativo).

En Canarias esta solución con agua no estaría indicada debido a la escasez de dicho recurso; además sería relativamente ineficaz dada la elevada humedad relativa.

Por el suelo

Cuando el edificio se encuentra en contacto directo con el terreno, el enfriamiento se produce fundamentalmente por transmisión. Durante todo el día el suelo absorbe el calor del recinto (energía geotérmica).

El uso de elementos de gran inercia es menos eficaz en situaciones en las que el salto térmico entre el día y la noche carece de relevancia.

Si no se toman las precauciones necesarias (protección de la masa durante las horas de calor) puede darse el caso de que el sistema se invierta y se consiga acumular el calor del día y no disiparlo durante toda la noche.

Los requerimientos de un sistema pasivo de refrigeración diferida son en todo similares a los planteados por el sistema análogo de calefacción en lo concerniente al aumento de la masa térmica para la construcción de muros, suelos o techos.

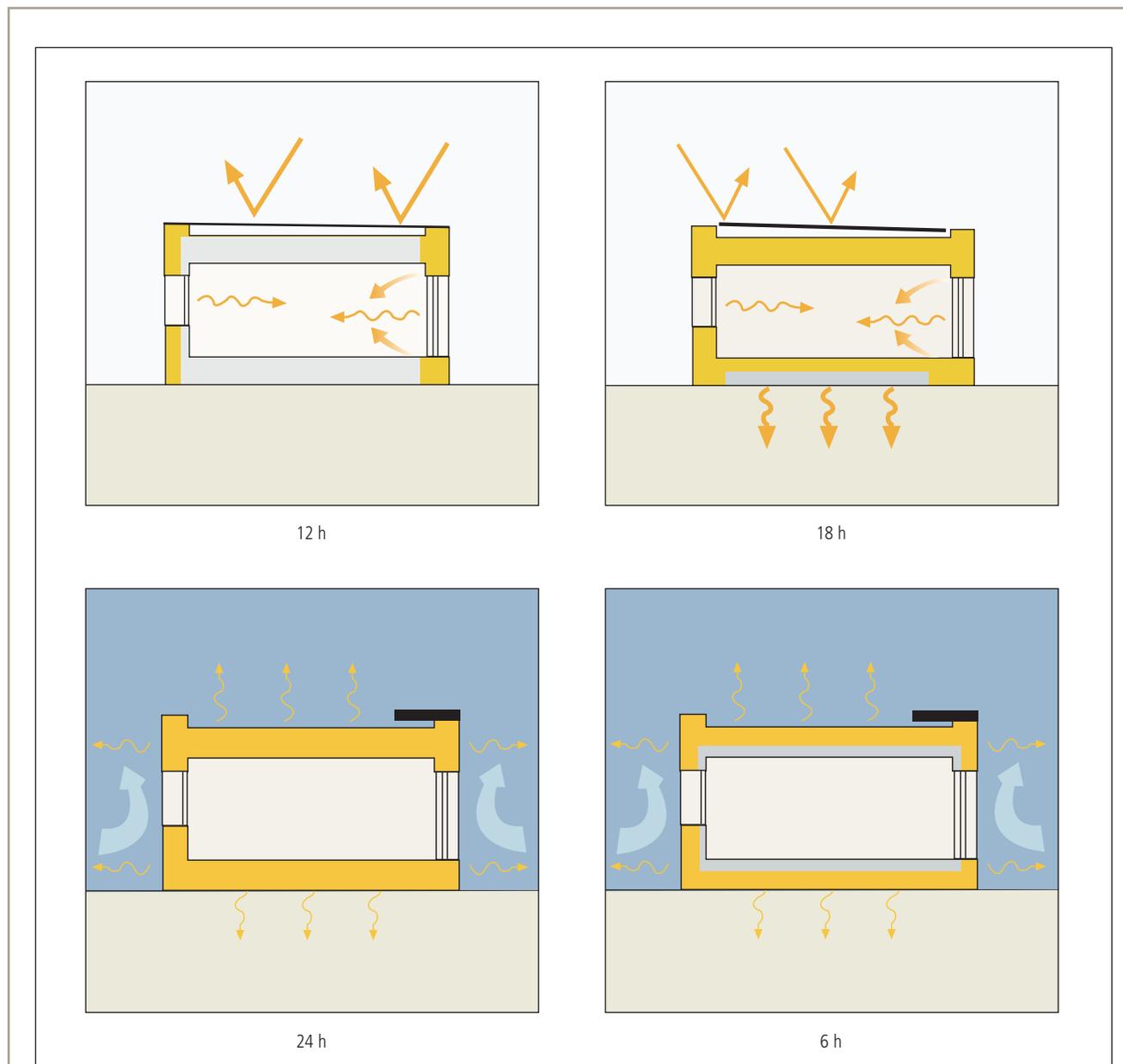


Figura 14.27. Sistema de disipación

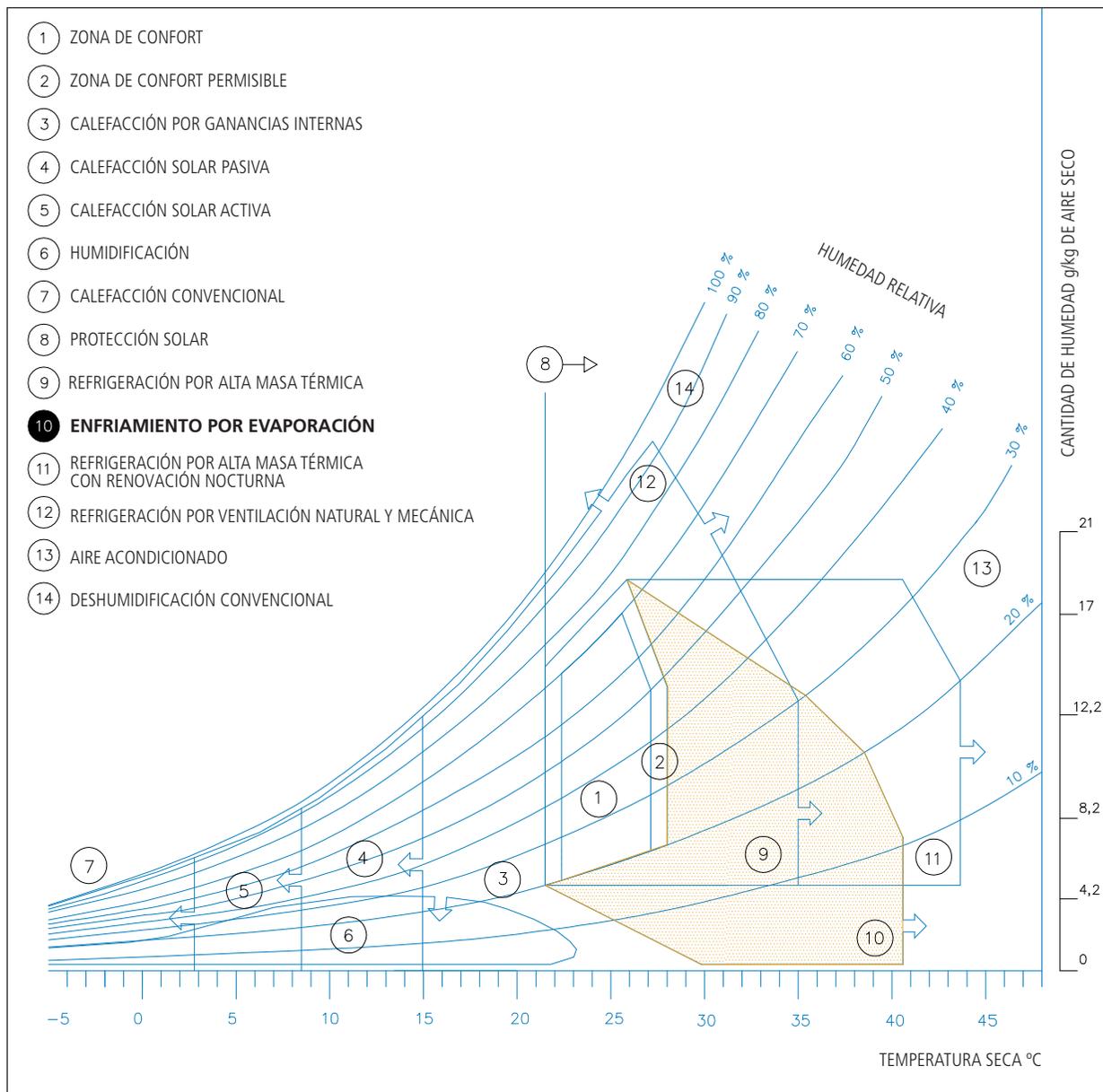


Figura 14.28. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

10. ENFRIAMIENTO POR EVAPORACIÓN

En Canarias no es una estrategia recomendable, debido a las altas humedades detectadas en todas las zonas urbanas estudiadas.

La zona de influencia del enfriamiento por evaporación en el diagrama de Givoni, comprende un área definida por una línea poligonal, representada en la figura 14.28, que cubre el área comprendida entre la zona de confort, la zona inferior del diagrama y una línea quebrada que, partiendo de los 40,5°C para humedades relativas inferiores al 10%, une los puntos definidos por 38,5°C y 20% HR, 35,5°C y 29% HR, y el vértice superior de la zona de confort (25,5°C y 75% HR).

En esta región del diagrama, se busca un efecto combinado; por un lado, la disminución de la temperatura por medio del calor absorbido al producirse la evaporación de agua o de algún otro fluido, y por otro, el aumento de la humedad relativa al aumentar la cantidad de vapor en el ambiente, siempre y cuando se esté en situaciones de la parte baja del diagrama.

Estos sistemas funcionan principalmente en presencia de una masa de agua, o en su caso, masas húmedas, y bajo condiciones de sobrecalentamiento y escasa humedad en el ambiente interior.

Estos sistemas y técnicas pueden clasificarse, según su forma de actuar, en activos o pasivos, dependiendo de que sea necesario la utilización, o no, de fuentes de energía convencional para su funcionamiento. También, y en función del momento de la actuación respecto a la posición del aire a introducir en el interior del recinto, se podrían clasificar en directos o indirectos.

10.1. PASIVOS DIRECTOS

Su funcionamiento es pasivo y actúa directamente sobre el aire a introducir en el interior del recinto (figura 14.29), enfriándolo por evaporación al pasar a través de:

- Vegetación, por el proceso de evapotranspiración, preferentemente de hoja grande, frondosa y caduca, de tal modo que, en

el período invernal, no se pierda la posibilidad de obtener calor solar.

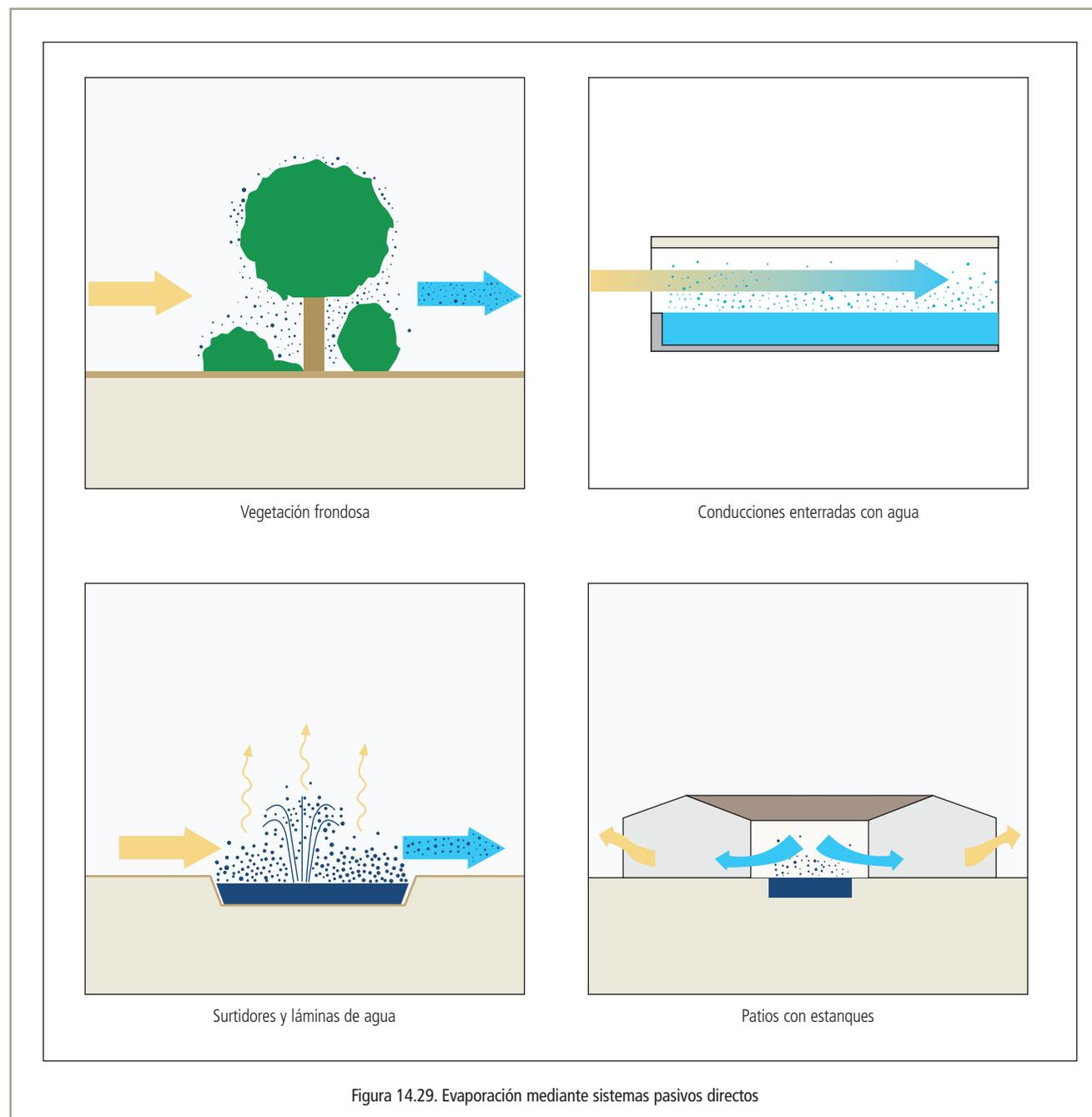
- Agua, presente en espacios adjuntos a los huecos (fuentes, surtidores, estanques) o en el mismo interior, favorecido por ventilaciones que cruzan las zonas húmedas.
- Canalizaciones enterradas con un tercio de su altura llena de agua (combinación de humedad y equilibrio térmico), o láminas de agua de gran superficie que se encuentren enterradas.
- Patios cerrados con fuentes o estanques, que se convierten en un foco de humedad y frescor para los recintos anexos, y que reducen las ganancias solares si las aberturas de las habitaciones se producen exclusivamente a este patio.

10.2. PASIVOS INDIRECTOS

Siendo un funcionamiento pasivo se actúa sobre elementos exteriores del recinto, de tal modo que la reducción de temperatura se realiza a través de dicho elemento.

Se coloca una masa de agua en la cámara de uno de los cerramientos, de tal modo que la evaporación de la superficie húmeda rebaje la temperatura de las paredes de la cámara, con lo que éstas pueden absorber el calor del interior.

Hay que tomar medidas especiales de impermeabilización, para evitar fugas y manchas de humedad no deseables, y de aislamiento, para evitar que el calor absorbido sea el del exterior y no el del recinto. Es el denominado "efecto botijo".



10.3. ACTIVOS DIRECTOS

Son medios que utilizan algún tipo de energía convencional pero actúan directamente sobre el aire a introducir en el interior del recinto, por ejemplo, acondicionadores de evaporación, consistentes en ventiladores de impulsión a los que se acoplan unos filtros de agua.

10.4. ACTIVOS INDIRECTOS

Son medios que utilizan algún tipo de energía convencional y no actúan directamente sobre el aire a introducir en el interior del recinto (figura 14.30), sino sobre elementos intermedios de contacto con el aire:

- Rociado de techos con agua que al evaporarse enfría la cubierta.

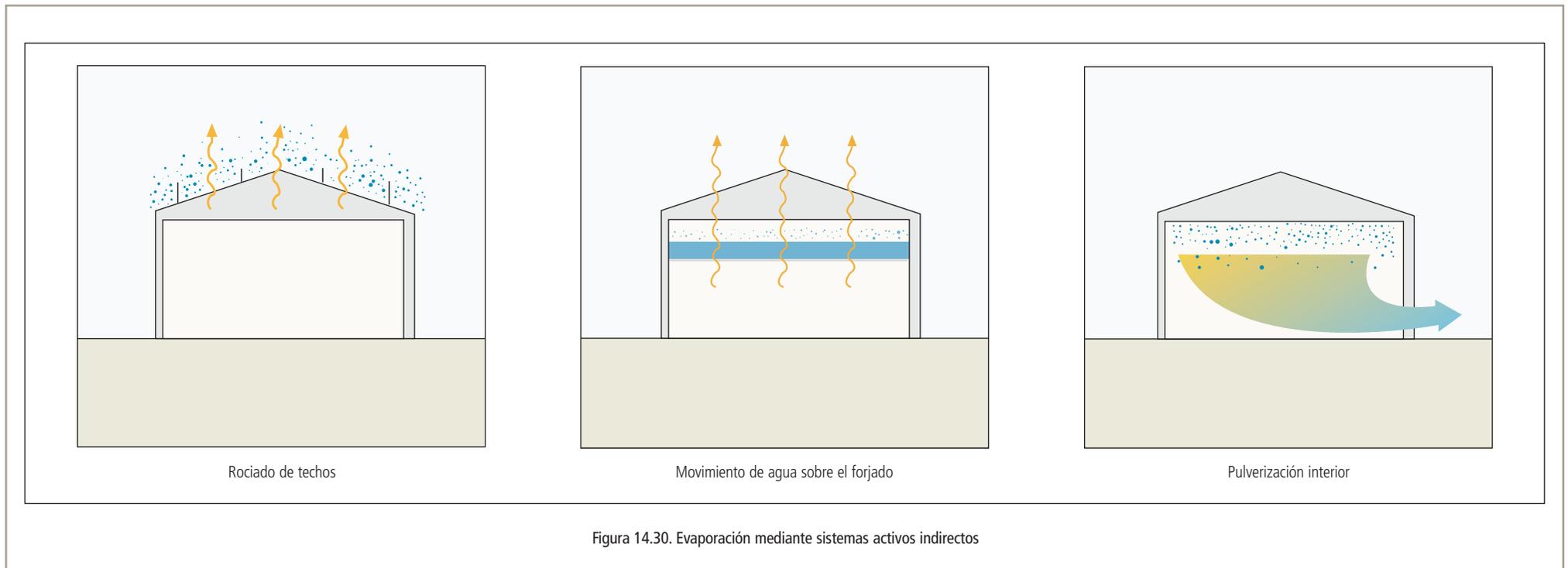
- Movimiento de agua bajo el forjado o a través del mismo; este agua absorbe el calor del forjado, disminuyendo la temperatura de tal modo que puede absorber calor del interior del recinto.
- Pulverización de agua en zonas superiores donde se localiza el aire más caliente, que al enfriarse desciende, con lo que además del enfriamiento buscado, se producen corrientes de aire que colaboran a una mayor sensación de confort. Este sistema es de gran eficacia en espacios abiertos de gran dimensión.

En la utilización de estos sistemas hay una serie de observaciones a tener en cuenta:

- Debe disponerse de una provisión de agua suficiente para permitir la operación continuada del sistema, lo que es fundamental a la hora de seleccionar este método de refrigeración,

teniendo en cuenta las posibles épocas de sequía así como las zonas en las que la escasez del agua haga de este sistema inadecuado.

- Estos medios no permiten el reciclaje del aire enfriado y saturado de vapor, de tal modo que se precisa una obligatoria renovación constante del aire del recinto.
- Los sistemas elegidos de refrigeración por evaporación deben combinarse con sistemas de protección solar ya que el proceso evaporativo debe robar el calor del aire interior y no del exterior.
- Como recomendación para la obtención de un sistema eficaz, se debe usar una combinación de masas de agua, vegetación y espacios dotados con fuentes, aprovechando los vientos dominantes para una mejor distribución del aire que ha sido enfriado o creando corrientes de aire con el diseño.



11. REFRIGERACIÓN POR ALTA MASA TÉRMICA CON RENOVAÇÃO NOCTURNA

Al realizar los gráficos de confort, se detecta que no se llega a esta zona en los climogramas estudiados. No obstante es un sistema adecuado para resolver sobrecalentamientos en temperaturas pico.

La zona de influencia de la alta masa térmica en el diagrama de Givoni, comprende un área definida por una línea poligonal, representada en la figura 14.31, que cubre el espacio existente entre la zona 9 del diagrama de Givoni y una línea quebrada que, partiendo de los 35°C y 8% HR, une los puntos definidos por 44°C y 5% HR, 44°C y 20% HR, 40°C y 32% HR y 31,5°C y 50% HR.

En las zonas en las que se da esta situación del diagrama de Givoni, la temperatura media está en torno a los 27°, y para conseguir una reducción de la temperatura media interior por medios pasivos es necesario fomentar y aprovechar el desfase entre las condiciones exteriores y la respuesta interior (figura 14.32).

Fundamentalmente se trata de evitar que el calor existente en el exterior del edificio durante el día penetre en el interior de la edificación directamente y que la onda de calor que atraviesa los paramentos tenga un desfase de unas 12 horas, de forma que cuando la temperatura desciende en el exterior por debajo de la media (noche), se abran los huecos de la edificación permitiendo, o forzando, la entrada de aire fresco (figura 14.33). En el interior de la edificación se consigue una temperatura por debajo de la media durante todo el día.

Los mejores rendimientos en Canarias se obtendrán en los lugares donde la oscilación térmica día-noche está en torno a los 15°C - 20°C, aunque los resultados son apreciables con diferencias en torno a los 10°C.

Es fundamental el concepto de protección solar. Sería inútil todo el proceso si se favoreciera la entrada de radiación en el espacio interior.

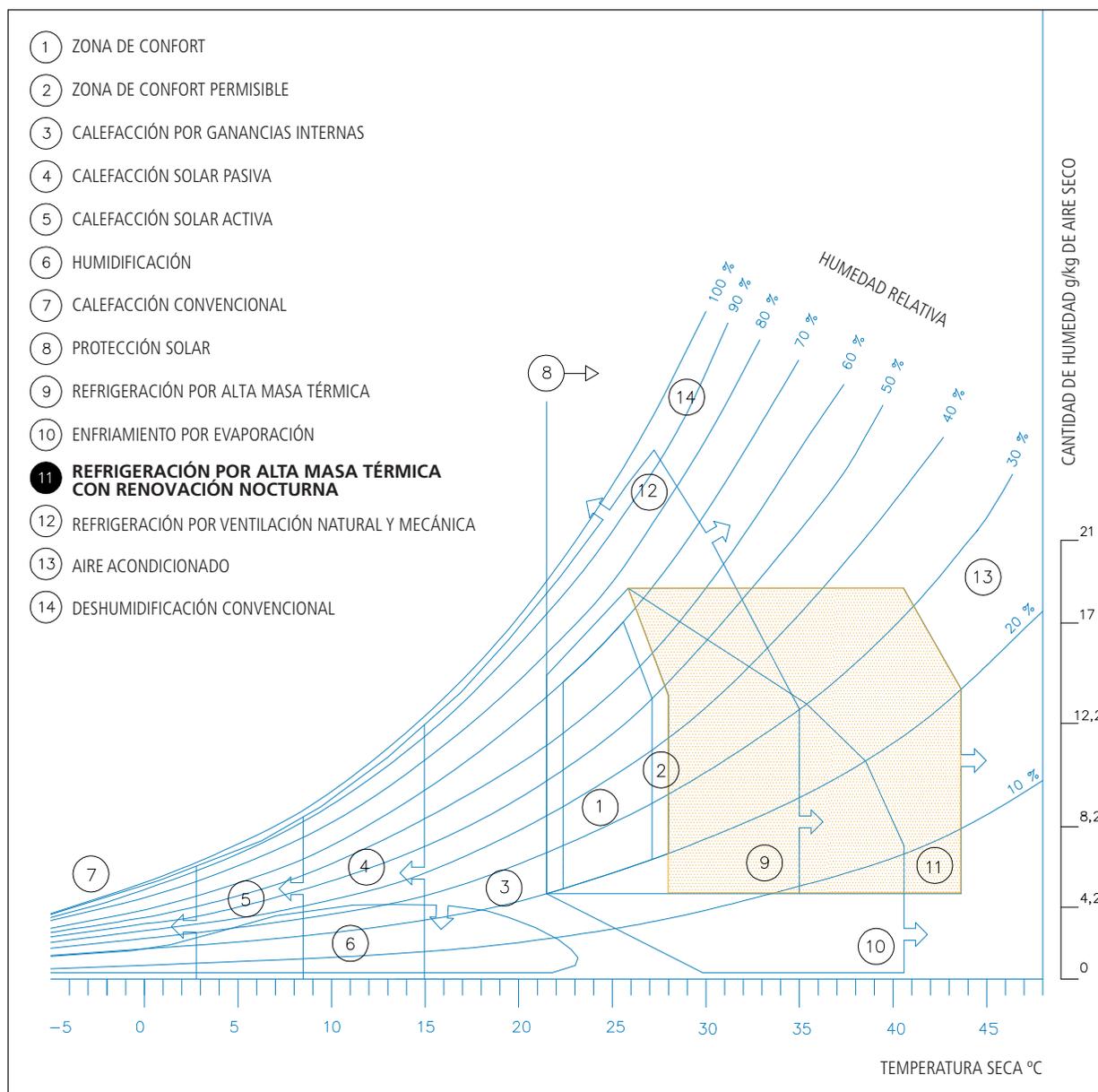


Figura 14.31. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

En este proceso de enfriamiento nocturno intervienen dos conceptos: el de disipación, ya explicado (figura 14.34), y el de ventilación nocturna, en el que por efecto del aire exterior se enfrían los muros de la edificación hasta llegar a la temperatura mínima nocturna que será la base del nuevo proceso día-noche. Como puede verse en estos casos son más importantes la frecuencia de las temperaturas mínimas que las de máximas.

El movimiento del aire interviene de manera fundamental en el proceso; este movimiento puede deberse a causas naturales, puede estar forzado por el diseño de la construcción o bien ser mecánico.

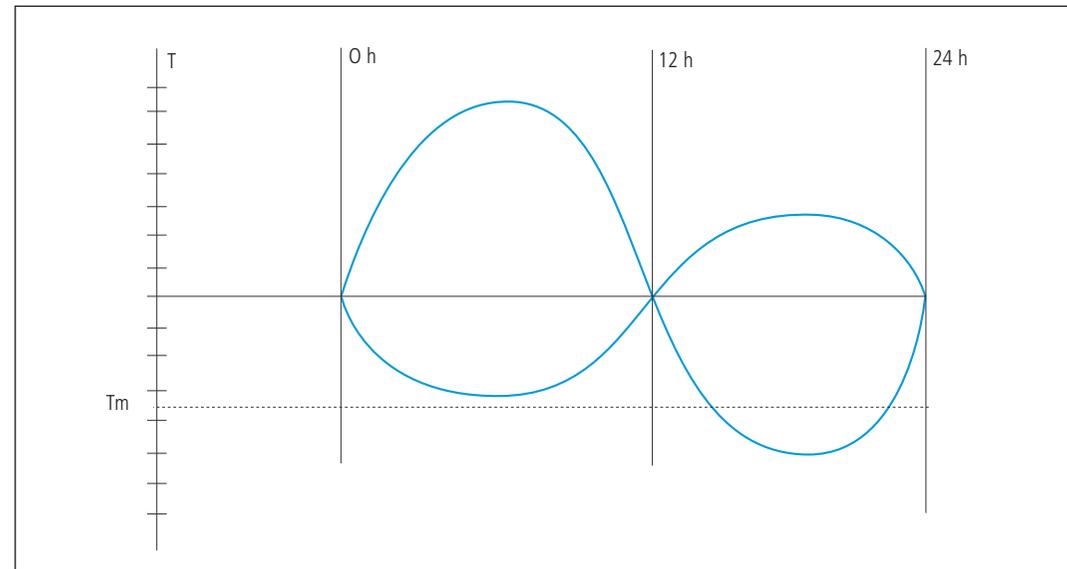


Figura 14.32. Superposición de desfasos e intercambios interior-exterior

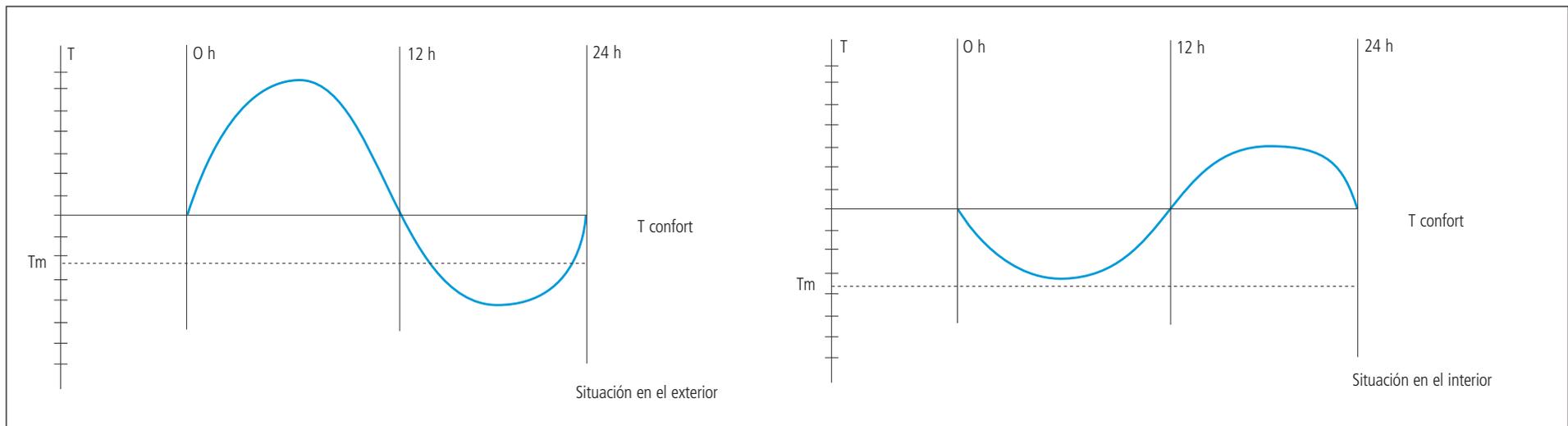


Figura 14.33. Desfase y amortiguamiento de la onda térmica

11.1. VENTILACIÓN NATURAL

El diseño de la vivienda puede ayudar a la creación de corrientes de aire por medio de:

- Diferencia de presión debida al viento.
- Ventilación cruzada (figura 14.37).
- Diferencia de presión entre las fachadas del edificio (figura 14.35).
- Diferencia de presión entre el exterior y el interior.
- Succión provocada por la ascensión de masas de aire más caliente al facilitarles la salida al exterior (efecto chimenea) (figura 14.36).

La ventilación forzada se realiza mediante un ventilador que impulse el aire del exterior hacia el interior o por un extractor activo o solar-pasivo que extraiga el aire del interior.

Se debe tener en cuenta que el aire caliente tiene un menor peso específico que el frío y que las masas de aire caliente se concentran en las partes altas, siendo suficiente en algunas ocasiones mantener una ventilación de las partes altas de las habitaciones mediante montantes practicables o alejando estas masas de aire con unos techos a mayor altura de lo normal.

La forma del edificio y su organización urbana pueden adecuarse para obtener efectos de ventilación (Ver parámetros bioclimáticos, ventilación).

Es relativamente inútil el uso de elementos de gran inercia en situaciones en las que el salto térmico entre el día y la noche carece de relevancia.

Si no se toman las precauciones necesarias (protección de la masa durante las horas de calor) puede darse el caso de que el sistema se invierta y se consiga acumular el calor del día y no disiparlo durante toda la noche.

Las consideraciones anteriores se han realizado teniendo en cuenta simplemente una masa de aire frío; ahora bien, si se le añaden a ésta determinadas condiciones de viento y humedad, estaríamos dentro de las zonas 10 y/o 12 del diagrama de Givoni (enfriamiento por evaporación y/o ventilación natural y mecánica), que siempre favorece aunque no es imprescindible.

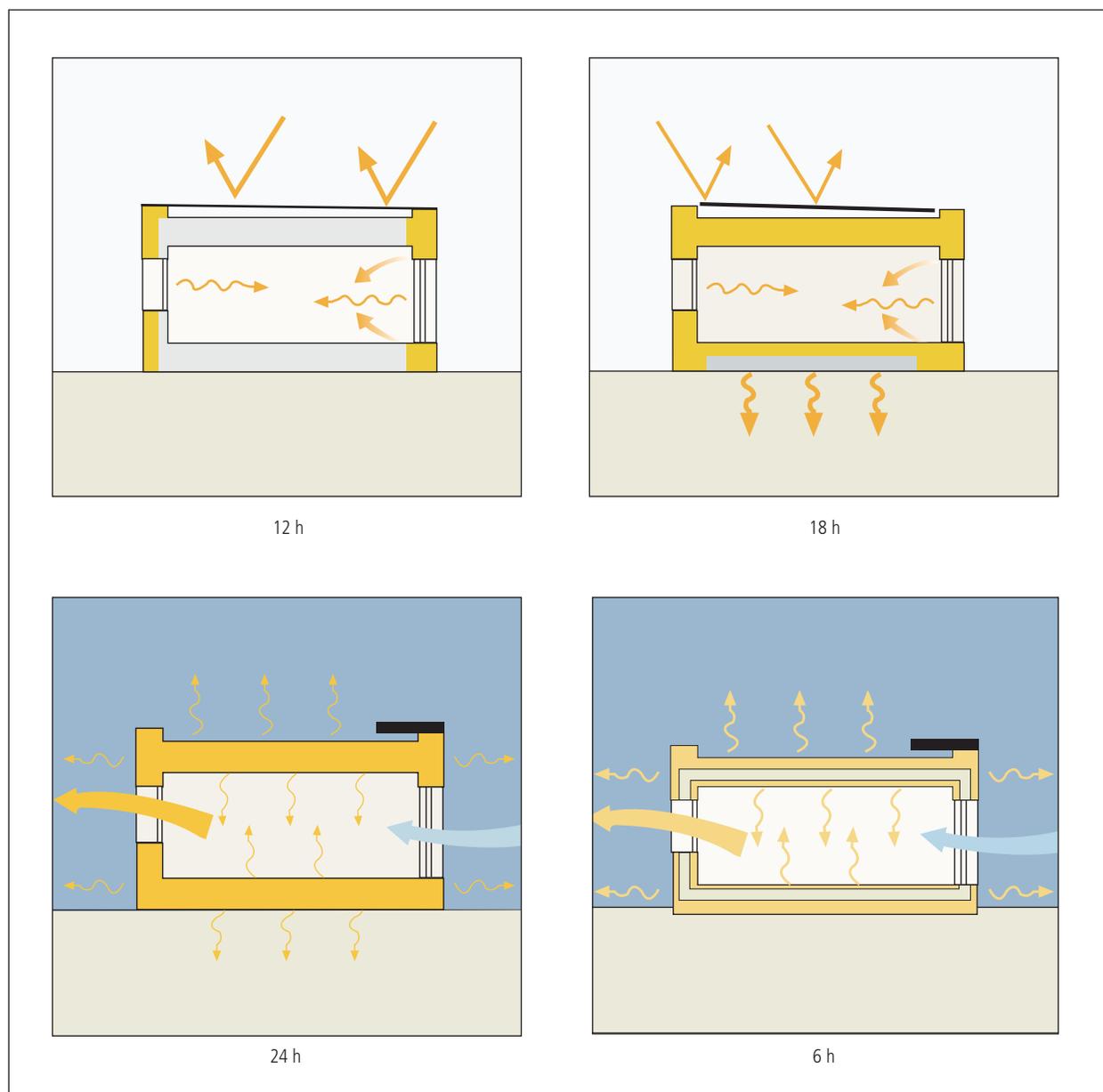


Figura 14.34. Sistemas de disipación

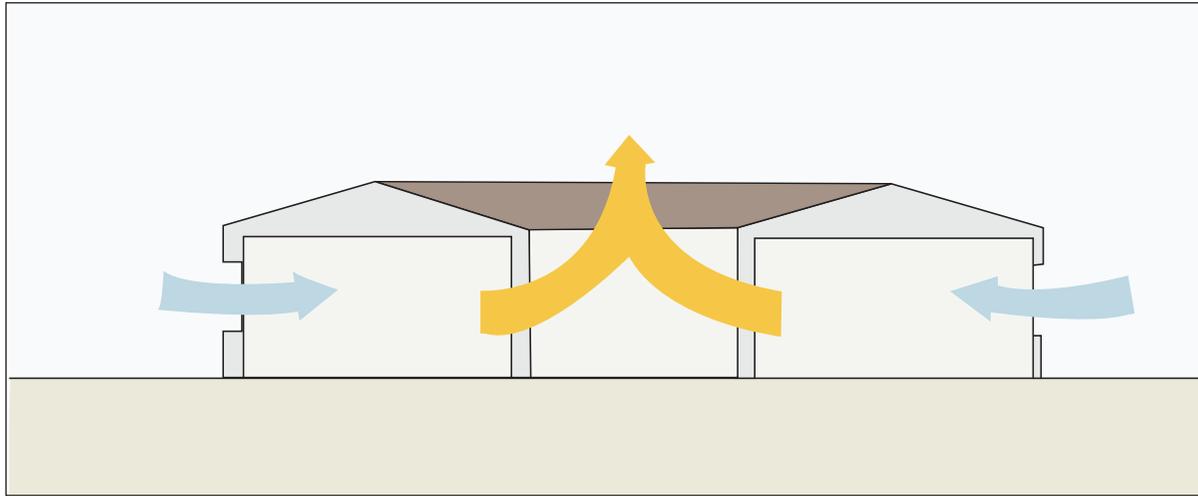
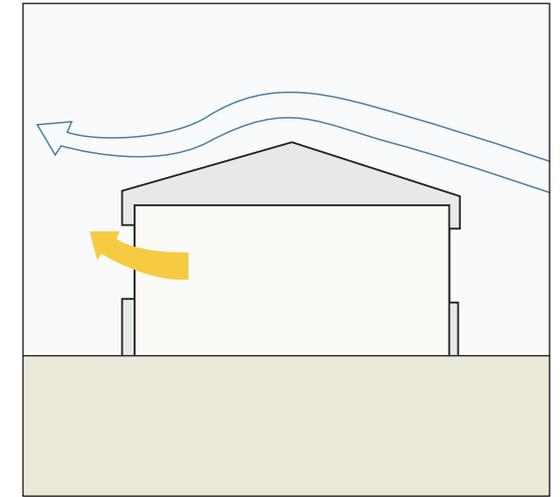
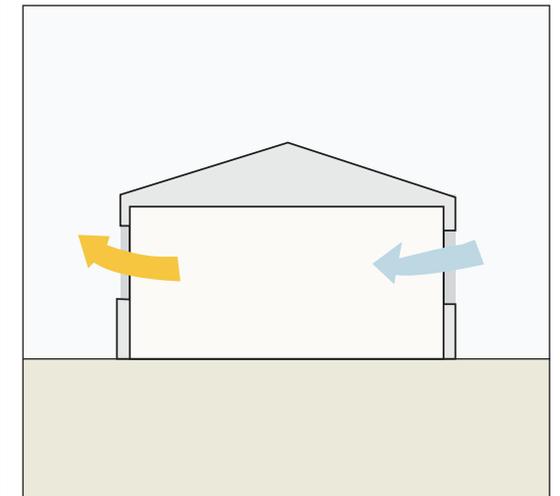


Figura 14.35. Ventilación por diferentes condiciones en la fachada

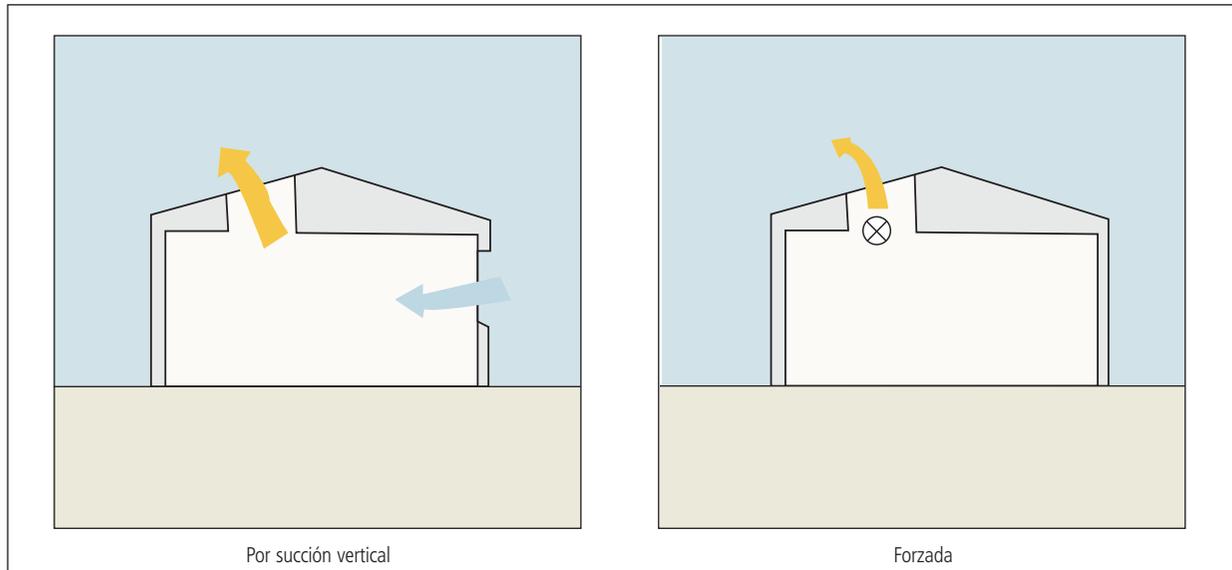


Por presión debida al viento



Cruzada

Figura 14.37. Ventilación



Por succión vertical

Forzada

Figura 14.36. Ventilación

Los requerimientos de un sistema pasivo de refrigeración diferida son en todo similares a los planteados por el sistema análogo de calefacción en lo referente al empleo de masa térmica para la construcción de muros, suelos o techos.

Se mejora el rendimiento de estos sistemas con el uso de mecanismos activos.

12. REFRIGERACIÓN POR VENTILACIÓN NATURAL Y MECÁNICA

La zona denominada como refrigeración por ventilación natural y mecánica ocupa un área del diagrama de Givoni comprendido entre las líneas del 75% y 20% de humedad relativa, por la zona de confort y por una línea quebrada, que en su tramo vertical inferior corresponde a los 31,5°C, y que llega hasta el 50% de humedad, donde se quiebra la línea hasta el punto determinado por 29°C y 75% de humedad (figura 14.38).

Mediante la utilización de la ventilación se consigue una renovación del aire interior, eliminando el aire viciado o con exceso de vapor de agua, incidiendo en la mejor calidad del ambiente interior a la vez que se mejora la sensación térmica.

La ventilación natural es muy beneficiosa en áreas con suficiente viento en verano y humedad relativa superior al 20%, ya que con menores porcentajes de humedad hay riesgos de deshidratación del aire.

Este sistema de refrigeración pierde eficiencia en las zonas que no puedan garantizar un funcionamiento correcto debido a un gran porcentaje de calmas en el régimen de vientos, debiendo entonces adoptar otro tipo de sistema de refrigeración como principal y dejar la ventilación como elemento de apoyo.

La ventilación es combinación de sistemas generadores del movimiento del aire y sistemas de tratamiento del aire a introducir, aunque uno de los factores determinantes de su eficacia es la velocidad del aire.

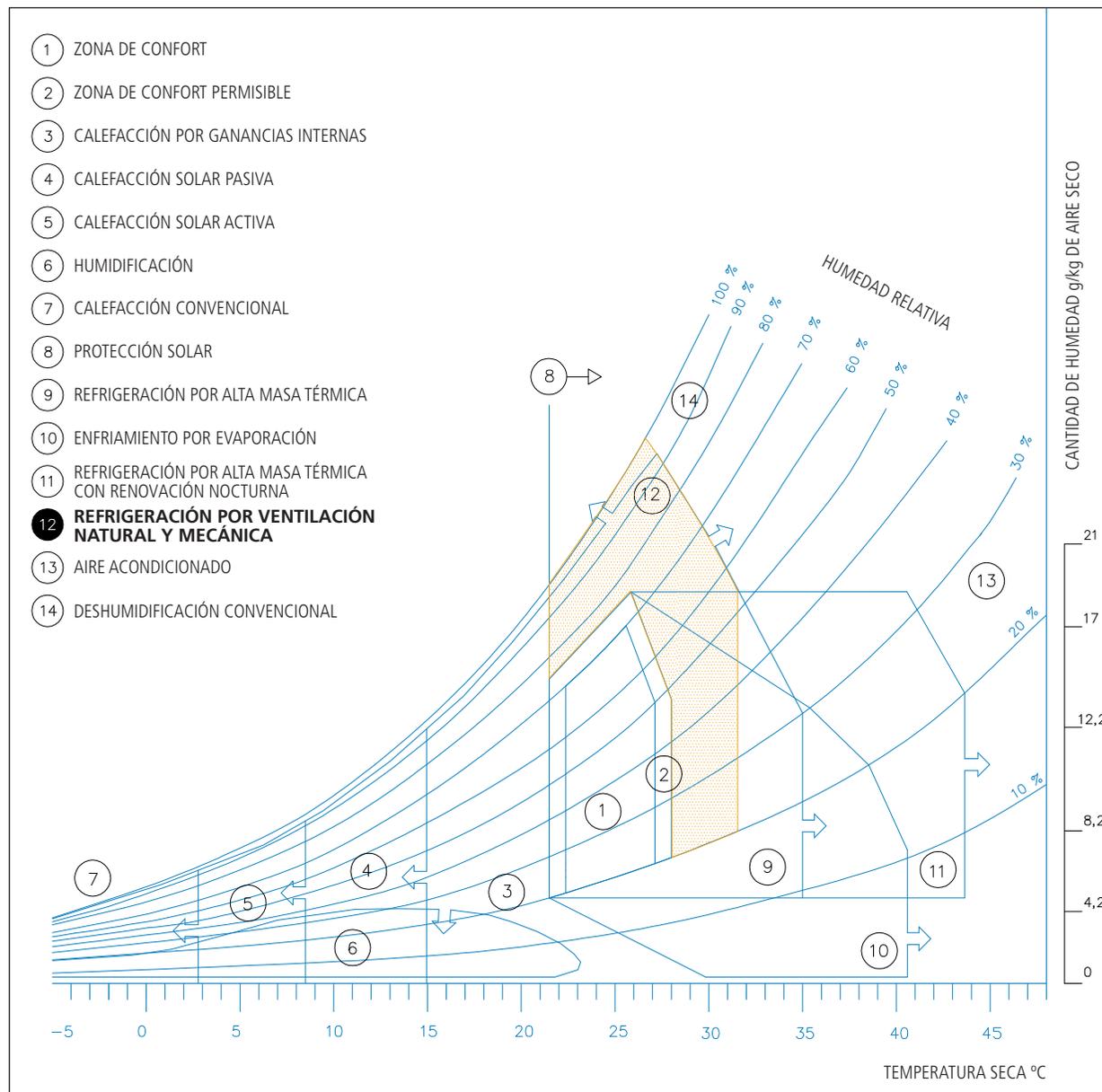


Figura 14.38. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

12.1. VENTILACIÓN NATURAL

El movimiento del aire en el interior se puede producir por medio de alguno de los métodos siguientes:

Ventilación cruzada

Se produce al realizar dos aberturas situadas en fachadas opuestas, que deben dar a espacios exteriores (figura 14.39). Estas aberturas se deben orientar en el sentido del viento, para aprovechar las brisas existentes. También se pueden crear en el caso de disponer de dos fachadas opuestas que no reciban radiación solar simultáneamente, con lo que se crea una diferencia térmica que provoca el movimiento del aire.

Para facilitar este movimiento de aire se pueden adoptar las siguientes medidas, que aunque no son imprescindibles para su funcionamiento, sí aumentan la eficacia:

- Disposición diagonal, en planta, de puertas y ventanas, con lo que se facilita una ventilación completa de la estancia.

- Uso de carpinterías practicables, en vez de correderas, buscando una composición que permita la mayor apertura posible, no dejando cristales fijos en las partes altas de los huecos, de tal modo que se facilite la salida del aire caliente acumulado en los estratos superiores de la habitación.
- Colocación de barandillas o superficies perforadas en petos de terrazas que no ofrezcan obstrucción al paso el aire.

Efecto chimenea

Se realiza una abertura en la parte superior del recinto que provoca una extracción vertical. También se realizan aberturas inferiores para la entrada del aire fresco, este método evita la estratificación del aire. Cuando las temperaturas exteriores son muy altas no se producen buenas extracciones del aire interior (figura 14.40).

Cámara o chimenea solar

Se realiza una cámara calentada por captación directa que provoca una mayor succión del aire interior. La orienta-

ción de esta cámara debe ser la adecuada según las necesidades; si se requiere el mayor tiro posible se debe situar donde reciba la máxima intensidad de radiación solar en verano (figura 14.41).

Aspiración estática

La aspiración se efectúa por efecto Venturi. Se necesitan fuertes vientos, así como la orientación adecuada para utilizarlos (figura 14.42).

Torre de viento

Se produce la recogida de aire a través de una torre que introduce el aire por las zonas bajas del recinto. Si la dirección del viento es única, se realizará una sola entrada; si es variable, se practicarán varias entradas. Se necesitan vientos frecuentes e intensos y frescos (figura 14.43).

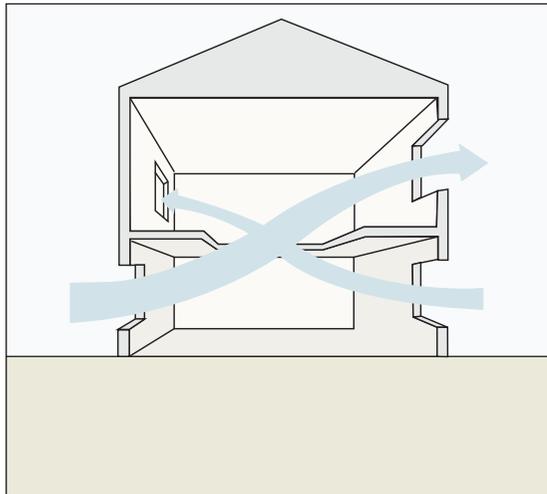


Figura 14.39. Ventilación cruzada

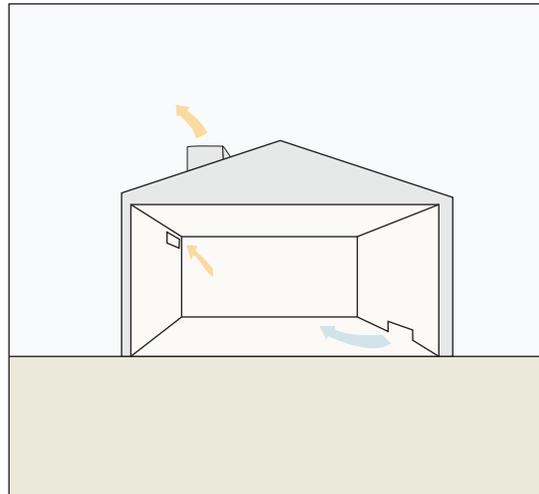


Figura 14.40. Efecto chimenea

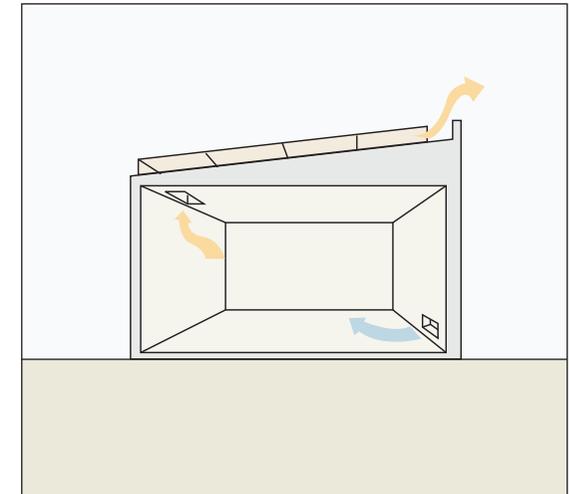


Figura 14.41. Cámara solar

Sistemas generadores de movimiento de aire

12.2. VENTILACIÓN MECÁNICA

Se realiza con presencia de aparatos impulsores de aire, se utilizará cuando la ventilación por medios naturales sea insuficiente.

12.3. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DEL AIRE

Actúan sobre la temperatura o humedad del aire. Algunos ejemplos son los siguientes:

Torres evaporativas

El aire penetra por la parte superior de una torre, siendo enfriado por la evaporación del agua que humedece el interior de la chimenea, bien por estar en recipiente, bien por circular por las paredes de la torre (figura 14.44). Con todo esto también se produce una cierta impulsión del aire hacia el interior, al disminuir su temperatura, lo que favorece su distribución en el interior del recinto. La efectividad de este sistema aumenta cuando se utiliza para la climatización de espacios reducidos.

Patios

Se hace circular el aire a través de un espacio exterior acotado, es decir, un ambiente descubierto, central, rodeado de habitáculos (figura 14.45). Se aumenta la efectividad si se combina con sistemas de protección solar, vegetación, toldos, etc. El patio se comporta como un acumulador de aire frío, que luego se distribuye a los espacios circundantes, sirviendo también como zona de toma de aire fresco para las ventilaciones, ya que permite tener varias fachadas en sombra.

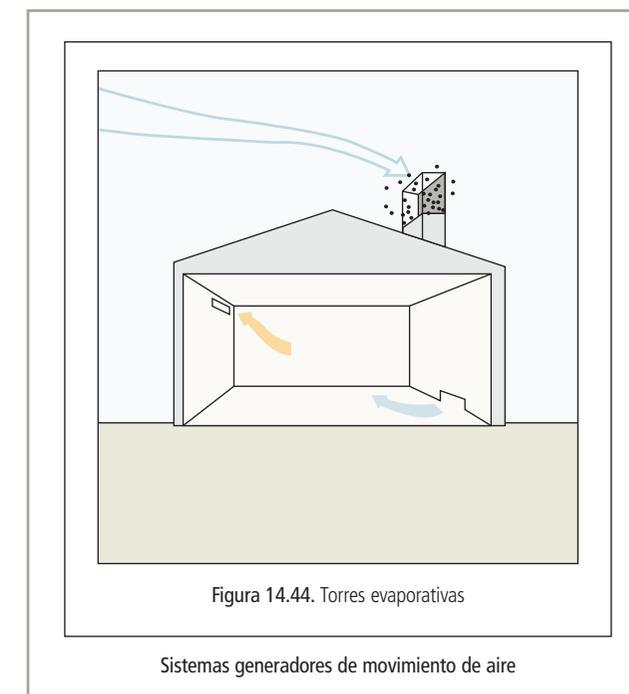
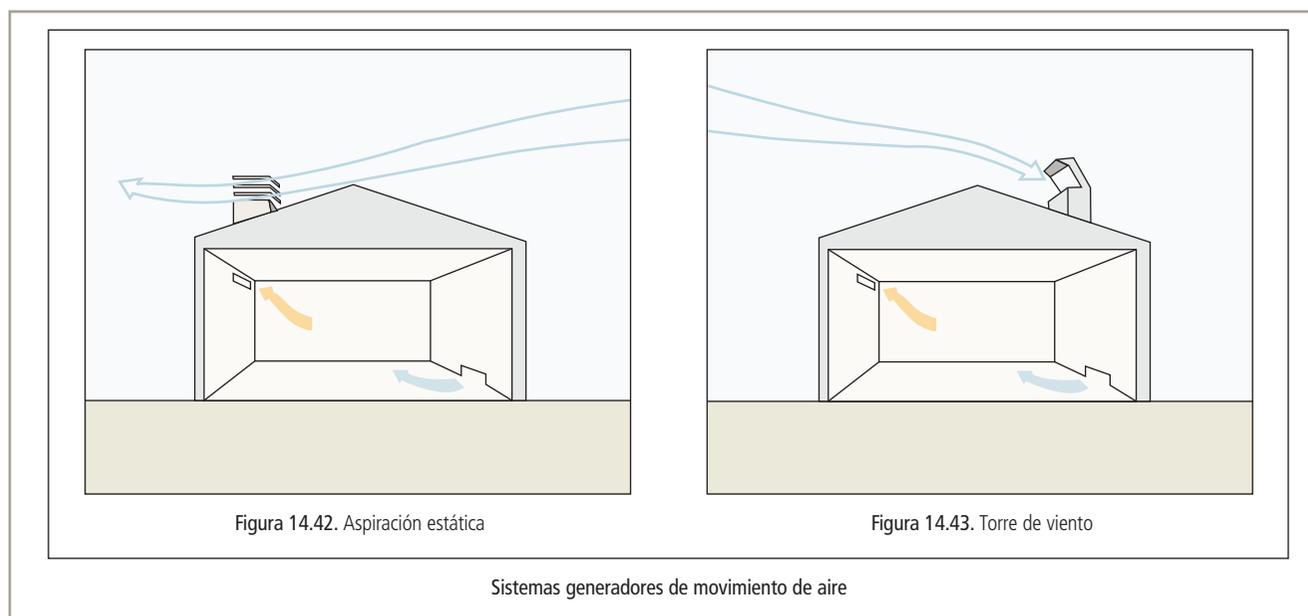
Ventilación subterránea

Se aprovecha la inercia térmica del terreno, al hacer pasar el aire a través de conductos enterrados entre 6 y 12 m de profundidad, donde la temperatura del terreno es constante (se mantiene a la temperatura media del lugar), antes de introducirlo en el recinto (figura 14.46). Las longitudes de conductos necesarias para garantizar el intercambio térmico son bastantes grandes, en función del volumen a aclimatar (como referencia unos treinta metros para un local de tamaño medio).

Para una mejor eficacia, es recomendable mojar o regar la tierra donde se sitúan las conducciones ya que así se aumenta la capacidad de transmisión térmica entre ambos elementos. El uso de este sistema debe ser discontinuo, ya que el efecto refrigerador se reduce después de usos prolongados.

Para que los edificios puedan aprovechar al máximo estos sistemas de ventilación, han de estar bien expuestos al viento en los períodos estivales. Deben tener cerramientos dotados con suficientes ventanas y huecos de ventilación. Otras medidas recomendables son:

- Diseñar el edificio con planta abierta.
- Poseer montantes practicables sobre las particiones interiores, de modo que se garantice la ventilación cruzada en todo el interior del edificio.
- Las zonas exteriores desde donde se introduce el aire fresco deben estar bien sombreadas y dotadas de vegetación, siendo recomendable la orientación norte.



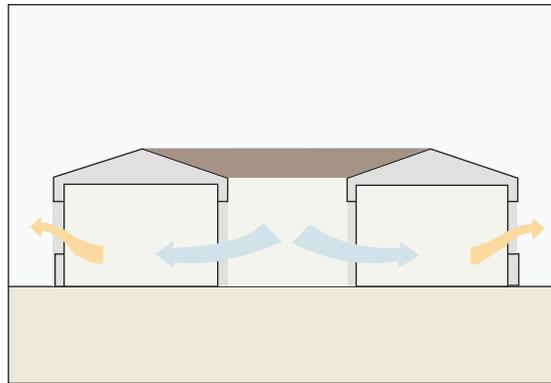


Figura 14.45. Patios

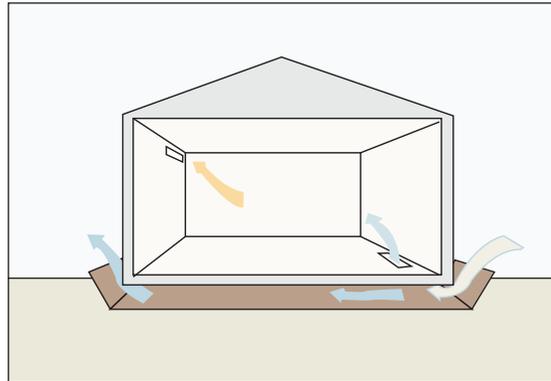


Figura 14.46. Ventilación subterránea

Sistemas de tratamiento del aire

13. AIRE ACONDICIONADO

No sería necesario en Canarias. Sólo en temperaturas pico.

El área que comprende este apartado dentro del diagrama de Givoni es el resto del diagrama no comprendido en otras áreas de refrigeración, a excepción de la zona comprendida entre el 80% y el 100% de humedad a partir de los 24°C, que aún perteneciendo al apartado de deshumidificación convencional, también se incluye en este apartado (figura 14.47).

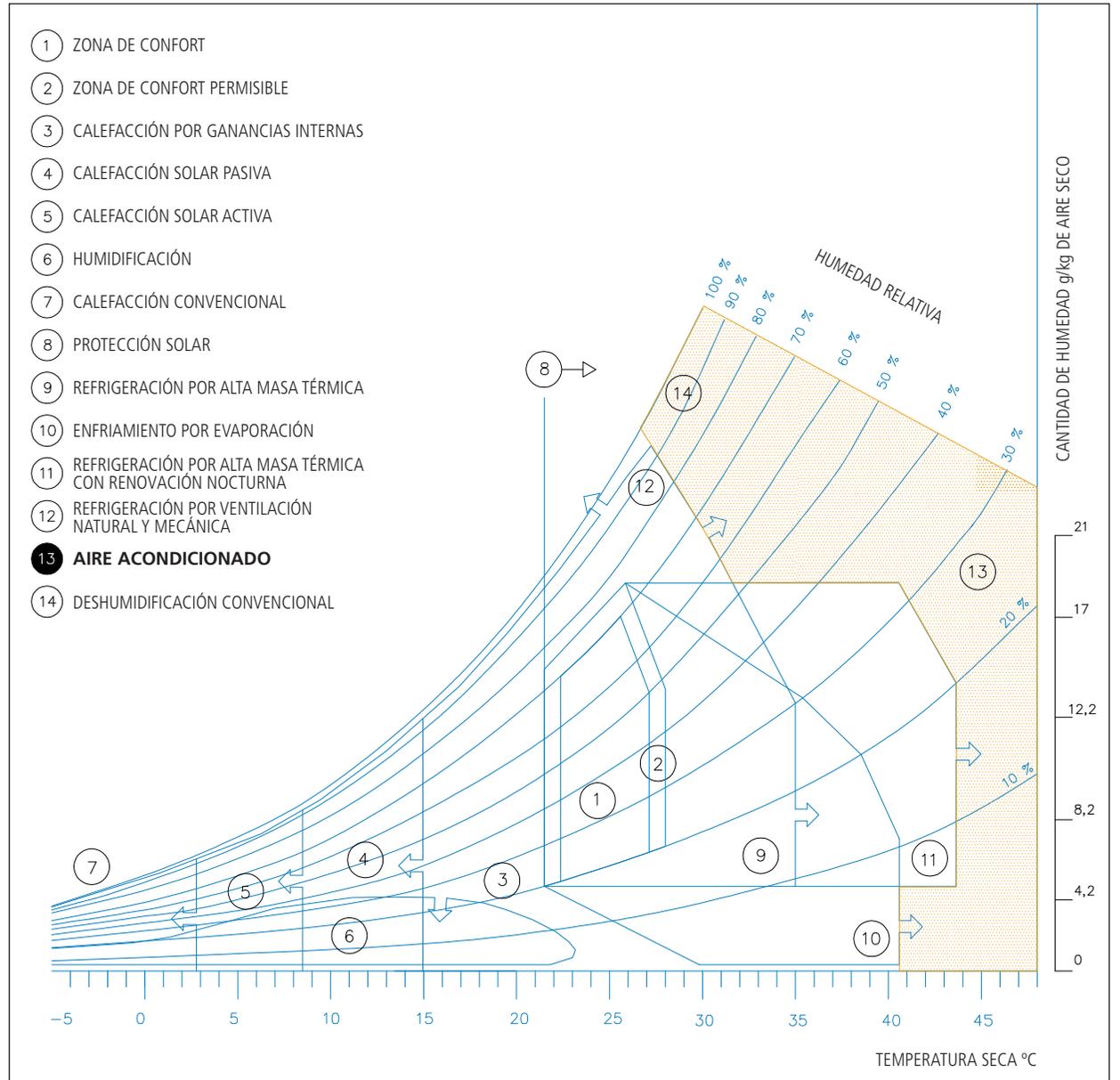


Figura 14.47. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

La disminución de la temperatura necesaria para alcanzar la zona de confort se debe producir por medio de equipos de acondicionamiento de aire.

En Canarias este tipo de acondicionamientos es necesario en situaciones extremas del verano en parte del territorio y en las que no se puede obtener el confort por medio de ningún otro sistema.

A pesar de no ser un sistema bioclimático, hay que tener en cuenta que un adecuado diseño del edificio, así como una buena elección de los materiales, permite que el uso de este tipo de refrigeración no tenga carácter prioritario, sino meramente de apoyo, con una importante reducción del consumo de energía.

En la actualidad existen en el mercado muchos modelos que cubren las diferentes opciones con distintos sistemas de actuación. Para su correcta selección es fundamental un adecuado ajuste de las cargas de refrigeración a cubrir, eligiendo un sistema que, además de un mínimo consumo energético, tenga en cuenta cuestiones de contaminación ambiental, como es la utilización de gases prohibidos en algunas normativas europeas.

También es importante tener en cuenta una serie de aspectos, a la hora de seleccionar el tipo de instalación a realizar:

- Se debe tener en cuenta no sólo el coste inicial de la propia instalación sino también el coste de mantenimiento y la repercusión de las posibles averías.
- Se debe prever la minimización de las instalaciones mediante un cálculo ajustado de la potencia necesaria en los aparatos así como mediante un correcto aprovechamiento de los rendimientos efectivos de la maquinaria.
- Se debe evitar el consumo y producción de materias contaminantes, como se ha mencionado anteriormente.

Es fundamental reducir al máximo las ganancias debidas a las fuentes de calor por lo que se deben adoptar las medidas necesarias en lo referente a la protección solar del recinto y al aislamiento de sus paramentos; el aislamiento se consigue con la utilización del espesor adecuado del material aislante elegido (ver el apartado correspondiente al aislamiento térmico).

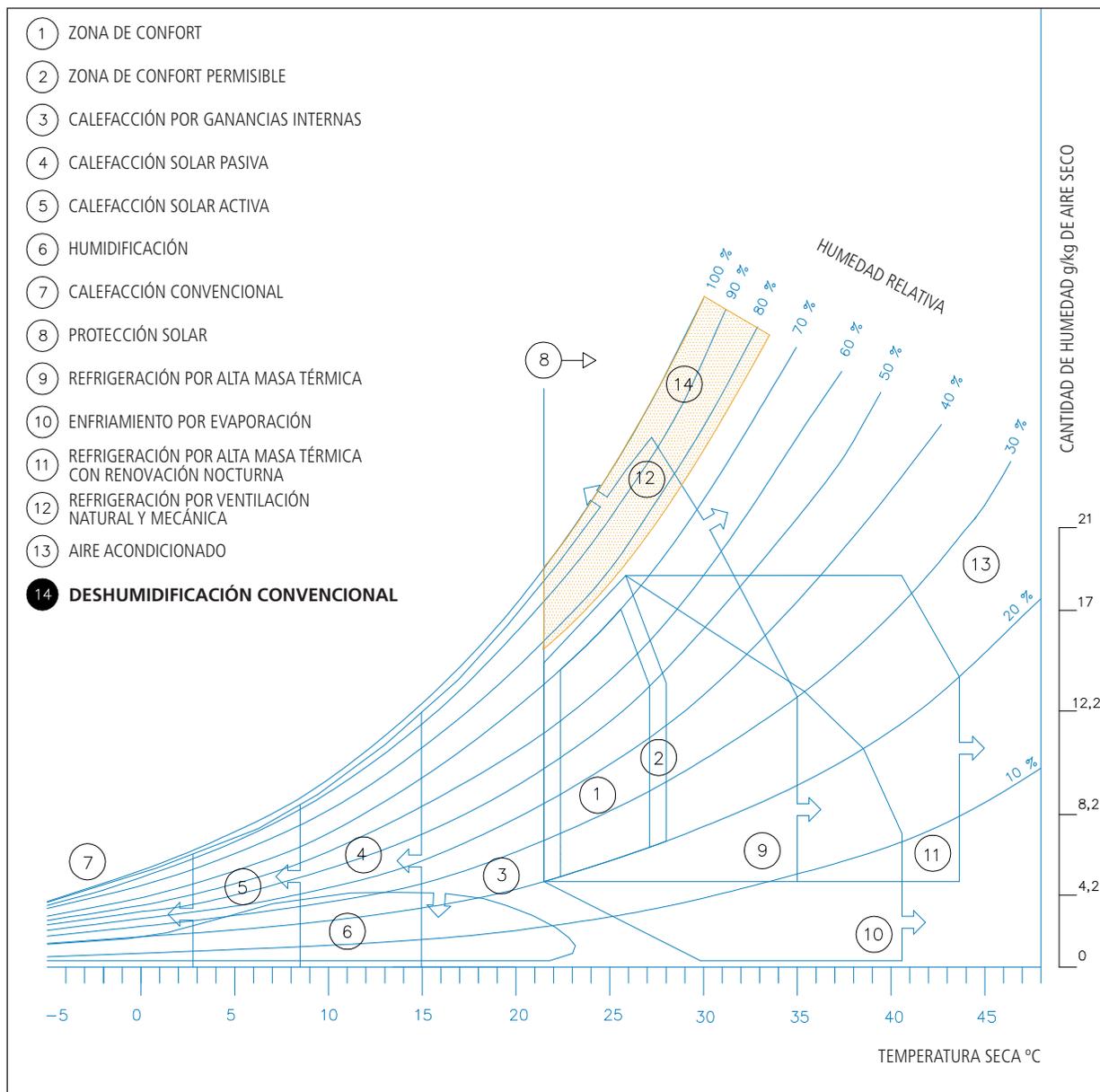


Figura 14.48. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

Debe ser un sistema de apoyo una vez agotadas todas las posibilidades de refrigeración por adecuación bioclimática.

14. DESHUMIDIFICACIÓN CONVENCIONAL

Esta zona está comprendida entre el 80% y el 100% de humedad relativa y a partir de los 20°C. En esta situación se trata de mejorar las condiciones interiores de recintos con altos niveles de humedad, mediante la deshumidificación o desecación del aire, con lo que podemos tornar confortables temperaturas entre 21,5°C y 32,5°C (figura 14.48).

Es un sistema que, a excepción de temperaturas entre los 20°C y 24°C, necesita complementarse con otros sistemas estudiados.

Aunque este tipo de situaciones climáticas no son muy habituales en Canarias, los sistemas que se van a ver a continuación pueden ser de utilidad en algunas localidades.

Los métodos a utilizar se basan en sistemas de absorción del vapor de agua:

14.1. SALES DESECANTES

En su forma sólida absorben enormes cantidades de vapor de agua del aire, tornándose lentamente en solución salina, a la vez que disminuyen los niveles de humedad.

Se presentan en forma de recipientes que deben situarse en el interior del recinto, debiendo tener prevista la recogida de la solución salina obtenida.

El inconveniente del sistema es el reciclaje del producto líquido obtenido, debiéndose desecar, por exposición a la radiación solar, o bien eliminar, con la necesaria reposición continua del material desechado.

14.2. PLACAS SALINAS ABSORBENTES

Son dos placas que contienen sales absorbentes del vapor de agua. Su funcionamiento es de modo alternativo en el recinto, de modo que mientras una placa permanece en el interior del recinto absorbiendo el vapor de agua del aire, la otra se encuentra en

zonas soleadas del exterior, eliminando por evaporación el vapor de agua, devolviendo la operatividad a las placas salinas.

Se aumenta la eficacia del sistema utilizando un sistema mecánico de transporte de las placas a las zonas de desecación.

En zonas con altas temperaturas es inevitable la combinación de este sistema con equipos de acondicionamiento de aire.

BLOQUE VI

REFLEXIONES SOBRE LA ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS

Margarita de Luxán García de Diego
Araceli Reymundo Izard
(autoras)

M.^a Cruz Bango Yanes
(colaboradora)

15. EL AISLAMIENTO TÉRMICO

M. de Luxán, A. Reymundo, M^a. C. Bango

En España ha estado vigente, durante los últimos años, la Norma NBE-CT-79, de obligado cumplimiento, que establecía las condiciones térmicas exigibles en los edificios, así como los datos que condicionaban su determinación. El art. 4º “Coeficiente KG del edificio”, que fijaba el valor límite del coeficiente de transmisión térmica global KG, dependía del factor de forma del mismo, zona climática de ubicación y tipo de energía empleada en la calefacción. Como el propio artículo exponía:

Quedan exceptuados del cumplimiento de este artículo los edificios ubicados en Canarias.

No obstante, *sí era de obligado* cumplimiento el art. 5º “Coeficientes de transmisión térmica K de los cerramientos”, que limitaba los valores de transmisión térmica de los mismos, en función del tipo y zona climática.

Los valores que se obtenían de la aplicación de esta normativa, proporcionaban un nivel mínimo de aislamiento. Sin embargo, no tenía en cuenta las ganancias solares ni las aclimataciones medioambientales posibles y contemplaba sólo las pérdidas de calefacción generada mediante energías convencionales, generalmente no renovables.

Esto daba lugar a que, en las Islas Canarias, se construyera sin considerar el aislamiento térmico, a pesar de que, un exhaustivo cumplimiento de la normativa en vigor sí exigía que los distintos elementos (paredes, forjados de cubierta, forjados sobre locales no calefactados, ...) limitaran su transmisión térmica.

Es decir, la colocación del aislamiento térmico, a pesar de ser necesario en la edificación convencional canaria, era opcional.

Esto redundaba en un desproporcionado consumo de energía dado lo benigno del clima, ya que las construcciones no soportaban pequeñas modificaciones de la temperatura ambiente, sin producirse sobrecalentamientos debidos al exceso de radiación durante el verano-otoño o enfriamientos excesivos en los meses de invierno.

A pesar de no ser una estrategia definida en el diagrama de Givoni, el aislamiento es un aspecto fundamental para el correc-

to funcionamiento de cualquiera de los sistemas expuestos, por lo que se ha creído conveniente estudiarlo en un apartado propio.

La misión principal del uso de materiales aislantes es evitar o amortiguar el intercambio de calor entre las dos caras, interna y externa, del elemento de la envolvente del edificio donde esté situado (paredes, cubierta, etc.).

EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

La norma NBE-CT-79 ha quedado derogada por la aprobación del CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE), que según su exigencia básica HE1 “Limitación de Demanda Energética”, trata de limitar la demanda energética de los edificios para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de su localidad, uso del edificio, régimen verano-invierno, y por las características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar de sus cerramientos, tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor (según convenga) y evitar problemas higrotérmicos.

Para conseguir estos objetivos el Código Técnico limita los valores de transmitancia térmica y factor solar modificado de huecos, para cada tipo de cerramiento y partición interior, en función de la zona climática del edificio, carga interna del mismo (dependiendo su grado de la cantidad de calor disipada en los espacios ocupados), porcentaje de huecos y orientación de los mismos.

Las Zonas Climáticas se identifican por una letra (severidad de invierno) y por un número (severidad de verano), correspondiéndole a Canarias dos zonas, en función de la altitud de la localidad considerada: Zona A3 (para altitudes menores a 800 m) y Zona B3 (para altitudes mayores o iguales a 800 m). Esto refleja que las localidades tipo B3 tienen un clima más severo en invierno e igual en verano.

De esta manera se limita al cumplimiento, por parte de la envolvente del edificio, de unos valores de transmitancia y factor solar determinados para las zonas A3 y B3 respectivamente, de modo que se tendrá que jugar con las características térmicas, posición de colocación y espesor de los elementos constituyentes de los cerramientos así como con las dimensiones y orientación de los huecos, para alcanzar el grado de confort exigido.

En cualquier caso, el Código Técnico de la Edificación tampoco tiene en cuenta las aclimataciones posibles que se generarían utilizando estrategias de diseño solar pasivo, aunque sigue teniendo en cuenta sólo pérdidas de calefacción-aire acondicionado.

Hay una serie de factores considerados como fundamentales en el aislamiento: posición dentro del elemento, material a utilizar y espesor adecuado.

POSICIÓN DENTRO DEL ELEMENTO

Cuando el material aislante forma parte de un elemento multicapa (caso más habitual), la posición de éste implica un diferente comportamiento del conjunto. Este comportamiento variará según la época en que se esté. La diferencia sustancial entre los diferentes períodos posibles, calefacción, confort y refrigeración está en la posición de la fuente de calor, en ocasiones en el interior del recinto y otras en el exterior.

Este diferente comportamiento puede provocar que situaciones ideales para una determinada época, sean contraproducentes para otra, debiéndose tener en cuenta a la hora de la elección, por ello se estudiará en cada posición el comportamiento en invierno y en verano.

Tres son las posibles situaciones del aislamiento: en la cara interna, en la cara externa o en la cámara intermedia.

CARA INTERNA

Invierno

En edificios convencionales la temperatura interior del recinto aumenta con mayor rapidez al no haber pérdidas para calentar el muro. La temperatura de la superficie interior está más próxima a la del aire durante el período de calentamiento y disminuye al finalizar el aporte de calor. Este sistema exige un sistema de calefacción regulable.

Impide la acumulación de calor solar en muros interiores en contacto con los locales de uso.

Verano

Al ser un sistema que aumenta la temperatura máxima interior, produce riesgos de calentamientos excesivos en épocas de

verano, apareciendo la contradicción de funcionamiento entre diferentes períodos.

Impide que los muros refrigerados en la noche estén en contacto con el espacio de uso interior.

CARA EXTERNA

Invierno

Se necesita un mayor período de tiempo para que la temperatura interior del recinto aumente ya que previamente se tiene que calentar el cerramiento desde el interior. Al calentar la totalidad del elemento, se aprovecha la inercia térmica de éste, permitiendo acumular la radiación solar y produciendo la cesión de calor al recinto una vez terminado el aporte de la fuente inicial.

Verano

La radiación solar que atravesará la superficie y se transmitirá al interior será menor, siendo reflejado el calor hacia el exterior.

Los elementos de inercia al interior son capaces de enfriarse durante la noche, al abrir los huecos en las horas más frescas, y durante el día son capaces de enfriar el aire interior.

EN CÁMARA INTERMEDIA

Es una situación intermedia entre las dos anteriores. Manejando la situación de la cámara en el elemento se pueden adoptar los valores que se consideren oportunos.

En el caso de sistemas de ganancias de calor de aporte continuo, la posición del aislamiento no influye de forma significativa, aunque tienen el inconveniente de provocar mayores consumos en el caso de ser calefacción convencional.

En general, en Canarias, la recomendación sería colocar el aislamiento térmico en todos los paramentos, lo más al exterior posible y evitar los falsos techos en las habitaciones vivideras.

Para más información acerca del comportamiento térmico de los muros, se puede consultar el programa ANTESOL, M. Martín Monroy. ULPGC.

VENTAJAS E INCONVENIENTES EN LA POSICIÓN DE AISLAMIENTO

En el caso de poner doble bloque a ambas caras del aislamiento, es recomendable poner el más grueso (de mayor inercia térmica) en la cara interior. Como la doble cámara sólo existe a partir de espesores de 15 cm sería preferible que la composición del muro desde dentro hacia afuera fuese 15+4+9, tal como se indica en la figura 15.1.

Asimismo hay que evitar el puente térmico que se produce entre el zuncho de borde y la viga plana o el forjado, según los casos.

Trabaja aún mejor la solución de forrar toda la estructura con aislamiento y aplicar un mortero de resina específico directamente sobre el aislamiento, ayudado por una malla de fibra de vidrio, ya que se eliminan por completo los puentes térmicos. De este modo, no habría que retrasar la línea de pilares con respecto al forjado.

Actualmente hay varios sistemas reconocidos con Documento de Idoneidad Técnica. En todos ellos el aislamiento exterior es Poliestireno expandido Tipo III.

El aislamiento exterior reduce la amplitud de la onda térmica y mantiene una temperatura más constante.

MATERIAL A UTILIZAR

Existen muchos materiales que pueden ser utilizados como aislantes. La decisión de cuál es el que se utilizará debe hacerse sobre una base de factores tales como el coste, facilidad de colocación, durabilidad, comportamiento ante el fuego, capacidad de resistir daños físicos, grado de exposición a la intemperie, etc.

La lista que se adjunta debe ser considerada como base por parte del diseñador, a fin de equilibrar las ventajas e inconvenientes de los diferentes materiales, debiendo consultar a los propios fabricantes sobre las características específicas de cada uno de ellos.

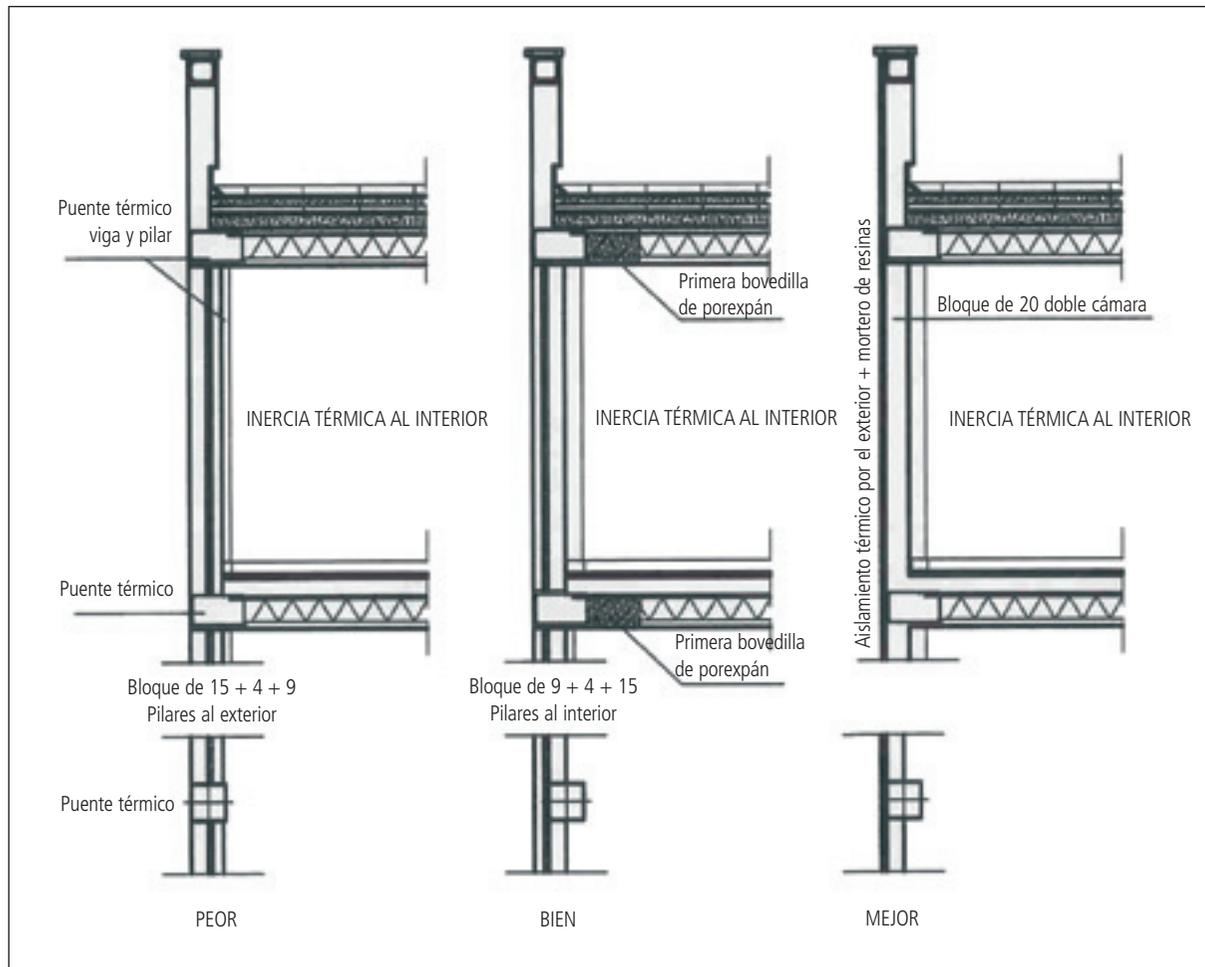


Figura 15.1. Posiciones de aislamiento

ESPESOR ADECUADO

Como ya se había indicado, el Código Técnico de la Edificación no tiene en cuenta, al igual que la Norma NBE-CT79, las aclimataciones medioambientales pasivas posibles, y contempla sólo pérdidas de calefacción con energías habituales.

Con todo esto, la cumplimentación de los formularios de la NBE-CT-79, aunque de obligada presentación y cumplimiento parcial, se transformaba en un trámite más en el proyecto; lo que realmente interesa es conocer el balance térmico del edificio, para lo que existen varios sistemas de cálculo de pérdidas de calor.

En las páginas siguientes se han estudiado los tipos de muros y forjados más habituales en Canarias, que aparecen en una serie de tablas para apreciar el comportamiento térmico de distintos tipos de muros y forjados con diferentes composiciones y espesores de aislamiento.

Se puede controlar la cantidad de pérdidas y ganancias de calor mediante la modificación de los aislamientos en los cerramientos, controlando así las necesidades caloríficas interiores.

Ahora bien, no se debe suponer que "cuanto más aislamiento mejor"; la realidad es más compleja y no se comporta de un modo lineal.

La colocación de un determinado aislante en un elemento no aislado, reduce significativamente las pérdidas de calor, pero al ir aumentando el espesor del aislamiento se van obteniendo influencias progresivamente menores.

El límite del aislamiento a colocar en un determinado elemento constructivo es de tipo económico: el objetivo es llegar al equilibrio coste/beneficio.

Un aspecto más a tener en cuenta es que cuanto mayor sea el aislamiento por el interior, mayores pueden ser los riesgos de condensaciones entre las diferentes capas que lo conforman. Hay que realizar entonces también un estudio de dichos riesgos de condensación para determinar la colocación de la barrera de vapor adecuada.

16. TRANSMISIÓN DEL CALOR EN MUROS Y FORJADOS

M. de Luxán García de Diego, A. Reymundo Izard, M^a. C. Bango Yanes

En este apartado se presentan unos cuadros comparativos del comportamiento térmico de varias composiciones (habituales y propuestas de confort) de muros y forjados.

Se pretende, más que el análisis exacto de soluciones concretas que en parte dependen de características de fabricación y puesta en obra, la comparación entre diferentes combinaciones de materiales para la obtención de conclusiones extrapolables al diseño, pudiendo ser utilizadas como un predimensionamiento en cuanto a la elección de los materiales y a la construcción que más se adecúe para cada caso, una vez hecho el análisis de las estrategias de confort idóneas para cada lugar.

La transmisión del calor en los elementos constructivos es un tema tratado durante los últimos cincuenta años con gran variedad de enfoques y resultados. En cualquier caso es complejo llegar a conseguir mediante una expresión analítica un resultado que coincida con los resultados experimentales.

Los resultados que aparecen en los cuadros siguientes, adaptados en este manual al clima canario, son el resumen de una parte de la investigación realizada por el Seminario de Arquitectura Integrada en su Medio Ambiente. Se reflejan los muros más usados en Canarias y se comparan con algunos sistemas constructivos utilizados en la Península.

Para la mejor comprensión de las composiciones idóneas para cada microclima, a continuación se repasan algunas definiciones de utilidad:

TRANSMITANCIA

Indica el flujo de calor que atraviesa un elemento, en la unidad de tiempo, por unidad de superficie y por unidad de diferencia de temperatura entre los ambientes que delimita.

Indica, también, el valor del aislamiento del elemento, señalando la cantidad de pérdidas de calor que se producen a través del mismo. En los cuadros aparece en W/m^2K .

CAPACIDAD TÉRMICA

Evalúa la cantidad de calor que es capaz de acumular 1 m² de muro o forjado.

Aparece medido en $s^{1/2} W/m^2K$.

AMORTIGUAMIENTO

Es la relación existente entre la amplitud de la onda de radiación incidente sobre una cara de un elemento y la amplitud de respuesta en la otra cara, tras atravesarlo.

Se da el % de amplitud de onda que se mantiene.

DEFASE

Indica el período de tiempo entre el momento en el que una forma de radiación incide sobre un elemento y el momento en que, tras atravesarlo, es cedida al otro lado.

Es un dato de gran interés, pues en función de los materiales usados y sus espesores, se puede controlar el período del día en el que empezará a penetrar el calor acumulado.

Se mide en horas.

MUROS

Se han seleccionado una serie de muros, teniendo en cuenta que el espesor total resulte en torno a los 25-30 cm de manera que su construcción no consuma mucha superficie edificable y que abarquen un abanico de materiales habituales y fáciles de encontrar normalmente en las obras, con costes y soluciones asequibles a la edificación normal. Soluciones de mayor espesor o costo, podrían inferirse aproximadamente a partir de éstas.

Se parte de analizar varios "modelos", considerando un muro base capaz de soportar las normales solicitaciones mecánicas del cerramiento de un edificio.

Cada uno de los modelos se estudia con composiciones diferentes. Señalando las capas del muro desde el exterior al interior, son las siguientes:

Muro Tradicional Lanzarote (*):

- Mortero de cal y arena 4 cm + Roca Volcánica 50 cm + Mortero de cal y arena 4 cm + Enlucido de yeso 2 cm

(*) Según la publicación "Análisis de los materiales empleados en la edificación en la isla de Lanzarote desde una perspectiva medioambiental", coordinada por el equipo de Luis Álvarez-Ude (Life Lanzarote 2001-2004).

Muro Bloque de Hormigón Vibrado (sin aislamiento):

- Composición 3: Mortero de cemento y resina 2 cm + B.H.V. 25 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Mortero de cemento y resina 2 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 1: Mortero de cemento y resina 2 cm + B.H.V. 15 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

Muro con aislamiento exterior de EPS + Bloque de Hormigón de 20 cm:

- Composición 1: Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

Muro con aislamiento exterior de EPS + Bloque de Hormigón de 25 cm:

- Composición 1: Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 25 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 25 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

Muro con aislamiento exterior de EPS + Bloque de Hormigón de 25 cm de triple cámara con dos cámaras rellenas de arena:

- Composición 1: Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 25 cm / 3c + con dos cámaras rellenas de arena + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 25 cm / 3c + con dos cámaras rellenas de arena + enlucido de yeso 2 cm

Muro de Bloque de Hormigón 12 cm + EPS + Bloque de Hormigón 6 cm:

- Composición 1: Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm +

Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 6 cm + enlucido de yeso 2 cm

- Composición 2: Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 6 cm + enlucido de yeso 2 cm

Muro de Bloque de Hormigón 9 cm + EPS + Bloque de Hormigón 12 cm:

- Composición 1: Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 9 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 9 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm

Muro de Bloque de Hormigón 12 cm + EPS + Bloque de Hormigón 12 cm:

- Composición 1: Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm

Muro Ventilado, Piedra 1,5 cm + Cámara de aire + EPS + Bloque Hormigón 20 cm:

- Composición 1: Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

Muro Ventilado, Piedra 1,5 cm + Cámara de aire + EPS + Bloque Hormigón 15 cm:

- Composición 1: Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 15 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 15 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

Muro Ventilado, Tablero fenólico 8 mm + Cámara de aire + EPS + Bloque Hormigón 20 cm:

- Composición 1: Tablero fenólico 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Tablero fenólico 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

Muro Ventilado, Tablero fenólico de 8 mm + Cámara de aire + EPS + Bloque Hormigón 15 cm:

- Composición 1: Tablero fenólico de 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 15 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Tablero fenólico de 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 15 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

Estas opciones permiten comparar el distinto comportamiento de los muros según los materiales, los espesores y la situación de los aislantes.

(*) Según la publicación "Análisis de los materiales empleados en la edificación en la isla de Lanzarote desde una perspectiva medioambiental", coordinada por el equipo de Luis Álvarez-Ude (Life Lanzarote 2001-2004).

Tipo de muro	Composición	Sin aislamiento	1 cm EPS tipo III	2 cm EPS tipo III	3 cm EPS tipo III	4 cm EPS tipo III	5 cm EPS tipo III	6 cm EPS tipo III
Muro tradicional	50 cm de piedra	0,86	0,70	0,60	0,52	0,46	0,41	0,37
Muros simples BHV	25 cm/3C	1,22	0,93	0,75	0,63	0,54	0,48	0,42
	20 cm/2C	1,46	1,06	0,84	0,69	0,58	0,51	0,45
	15 cm/2C	1,74	1,20	0,92	0,74	0,62	0,54	0,47
Muros dobles BHV	12 cm + 6 cm	1,64	1,15	0,89	0,72	0,61	0,53	0,47
	9 cm + 12 cm	1,48	1,07	0,84	0,69	0,59	0,51	0,45
	12 cm + 12 cm	1,40	1,03	0,81	0,67	0,57	0,50	0,44
Muros ventilados con BHV 15	Piedra + cámara 2 cm + EPS tipo III + BHV 15 cm	0,74	0,62	0,54	0,47	0,42	0,38	0,35
	Tablero fenólico + cámara + EPS tipo III + BHV 15 cm	0,73	0,61	0,53	0,47	0,42	0,38	0,34
Muros ventilados con BHV 20	Piedra + cámara 2 cm + EPS tipo III + BHV 20 cm	0,69	0,58	0,51	0,45	0,40	0,36	0,33
	Tablero fenólico + cámara + EPS tipo III + BHV 20 cm	0,67	0,57	0,50	0,44	0,40	0,36	0,33

Tabla 16.1. Transmitancia térmica según el tipo de muro y para diferentes espesores de aislamiento
Transmitancia en $W/m^2 K$

Esta tabla se ha realizado con aislamiento de poliestireno expandido. En el caso de utilizar otro tipo de aislamiento, consultar una tabla de equivalencias de espesores con otros materiales aislantes.

	Composición del muro	Amortiguamiento (%)	U (W/m ² K)	Desfase (h)
Tradicional	Mortero de cal y arena 4 cm + Roca volcánica 50 cm + Mortero de cal y arena 4 cm + Enlucido de yeso 2 cm	99,50	0,86	20,23
Muros simples	Mortero de cemento y resina 2 cm + B.H.V. 25 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	91,30	1,22	8,72
	Mortero de cemento y resina 2 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	87,30	1,46	7,27
	Mortero de cemento y resina 2 cm + B.H.V. 15 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	80,60	1,74	5,64
Muros simples aislamiento exterior	Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 25 cm/3c (2c con arena)+ enlucido de yeso 2 cm	92,40	0,70	9,90
	Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 25 cm/3c (2c con arena)+ enlucido de yeso 2 cm	92,70	0,59	10,08
	Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 25 cm/3c + enlucido de yeso 2 cm	92,20	0,63	9,81
	Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 25 cm/3c + enlucido de yeso 2 cm	92,50	0,54	9,98
	Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	88,60	0,69	8,36
	Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	89,10	0,58	8,53
Muros dobles aislamiento en medio	Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 6 cm + enlucido de yeso 2 cm	86,60	0,72	7,40
	Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 6 cm + enlucido de yeso 2 cm	87,20	0,61	7,44
	Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 9 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm	89,70	0,69	8,39
	Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 9 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm	90,20	0,59	8,44
	Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm	91,70	0,67	9,39
	Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm	92,00	0,57	9,52
Fachadas ventiladas aisladas	Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	88,10	0,45	8,10
	Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	88,60	0,40	8,27
	Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 15 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	81,80	0,47	6,47
	Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 15 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	82,60	0,42	6,64
	Tablero fenólico 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	88,90	0,44	8,36
	Tablero fenólico 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	89,40	0,40	8,53
	Tablero fenólico 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 15 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	83,00	0,47	6,73
	Tablero fenólico 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 15 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	83,80	0,42	6,90

Tabla 16.2. Cuadro comparativo de amortiguamiento, coeficiente de transmitancia y desfase horario en diferentes tipos de muros

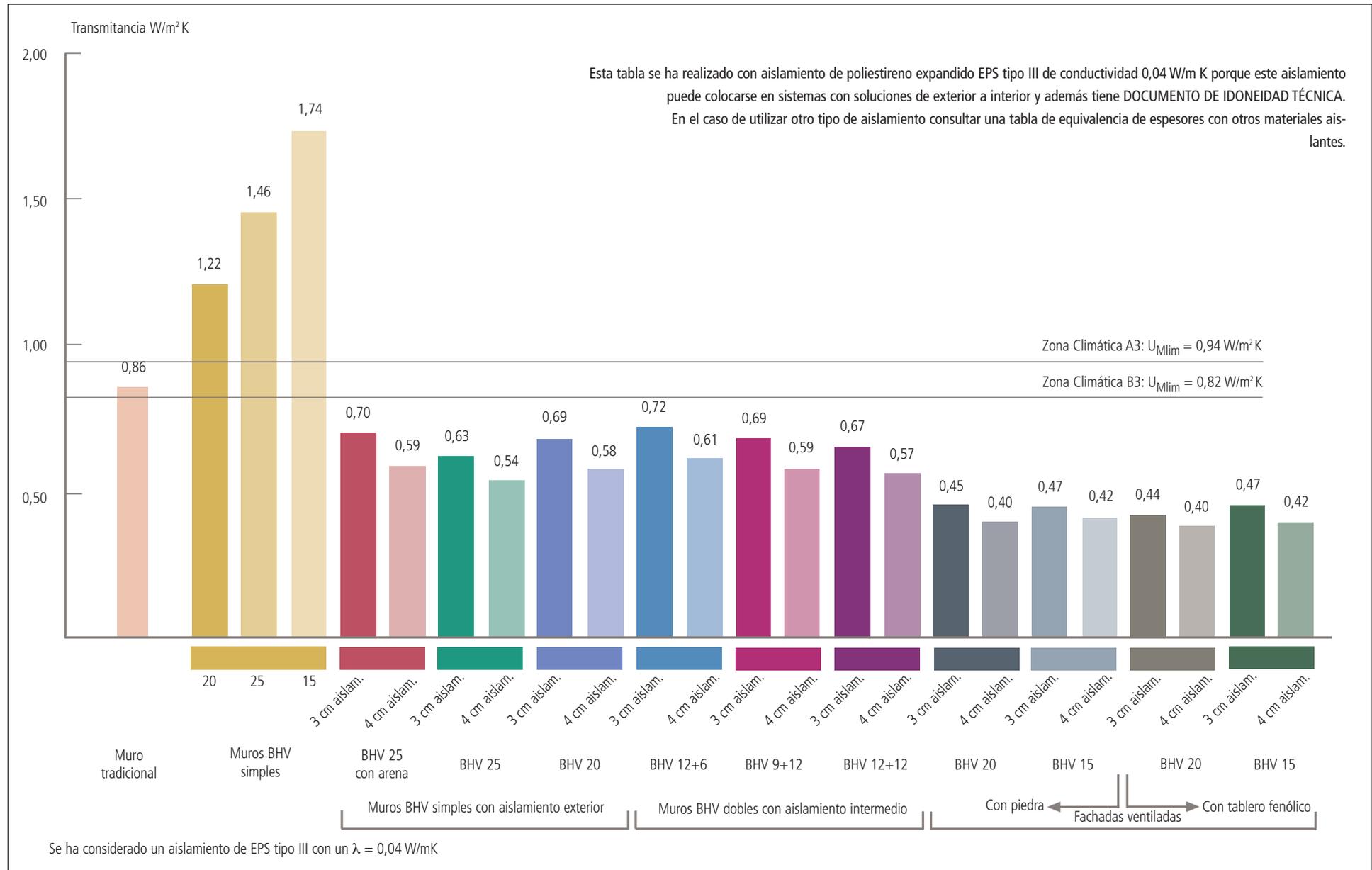


Figura 16.1. Transmitancia Térmica de Muros (U_M)

Elaboración propia: M. de Luxán, A. Reymundo, M. Bango

FORJADOS

Se han seleccionado una serie de forjados teniendo en cuenta sus posibilidades de comportamiento térmico que, como puede observarse, son muy distintas y, como en el caso de los muros, con costo y soluciones asequibles a la mayoría de las obras.

Cada uno de los tipos se analiza con composiciones de forjado diferentes.

CUBIERTAS PLANAS

Cubierta Tradicional Lanzarote

- Composición 1: Mortero de cal y arena 20 cm + Tablón Pino-Tea.

Cubierta Actual terminada con Lámina Autoprotegida

- Composición 1: Lámina impermeabilizante autoprotegida + Mortero de cemento 10 cm + Capa de compresión hormigón 5 cm + Bovedilla hormigón 25 cm + Enlucido de yeso 2 cm

Cubierta Actual terminada con Pavimento sin aislamiento

- Composición 1: Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 1 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Capa de compresión hormigón 5 cm + Bovedilla hormigón 25 cm + Enlucido de yeso 2 cm

Cubierta actual con Aislamiento:

- Composición 1: Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 3 cm + Poliestireno extruído 3 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Capa de compresión hormigón 5 cm + Bovedilla hormigón 25 cm + Enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 3 cm + Poliestireno extruído 5 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Capa de compresión hormigón 5 cm + Bovedilla hormigón 25 cm + Enlucido de yeso 2 cm
- Composición 3: Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 3 cm + Poliestireno extruído 8 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Capa de compresión hormigón 5 cm + Bovedilla hormigón 25 cm + Enlucido de yeso 2 cm

Composición del forjado	Amortiguamiento (%)	U (W/m²K)	Desfase (h)
Lámina impermeabilizante autoprotegida + Mortero de cemento 10 cm + Forjado unidireccional de vogueta y bovedilla 25 cm	90,40	1,71	8,46
Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 1 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Forjado unidireccional de vogueta y bovedilla 25 cm + Enlucido de yeso 1,5 cm	94,30	1,63	9,91
Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 1 cm + Poliestireno extrusionado XPS 3 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Forjado unidireccional de vigueta y bovedilla 25 cm + Enlucido de yeso 1,5 cm	93,60	0,59	9,87
Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 1 cm + Poliestireno extrusionado XPS 5 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Forjado unidireccional de vigueta y bovedilla 25 cm + Enlucido de yeso 1,5 cm	94,30	0,42	11,03
Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 1 cm + Poliestireno extrusionado XPS 8 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Forjado unidireccional de vigueta y bovedilla 25 cm + Enlucido de yeso 1,5 cm	95,30	0,29	11,74

Los valores que están en rojo corresponden a composiciones que no cumplen las exigencias mínimas del CTE

Tabla 16.3. Cuadro comparativo de amortiguamiento, coeficiente de transmitancia y desfase horario en diferentes tipos de muros

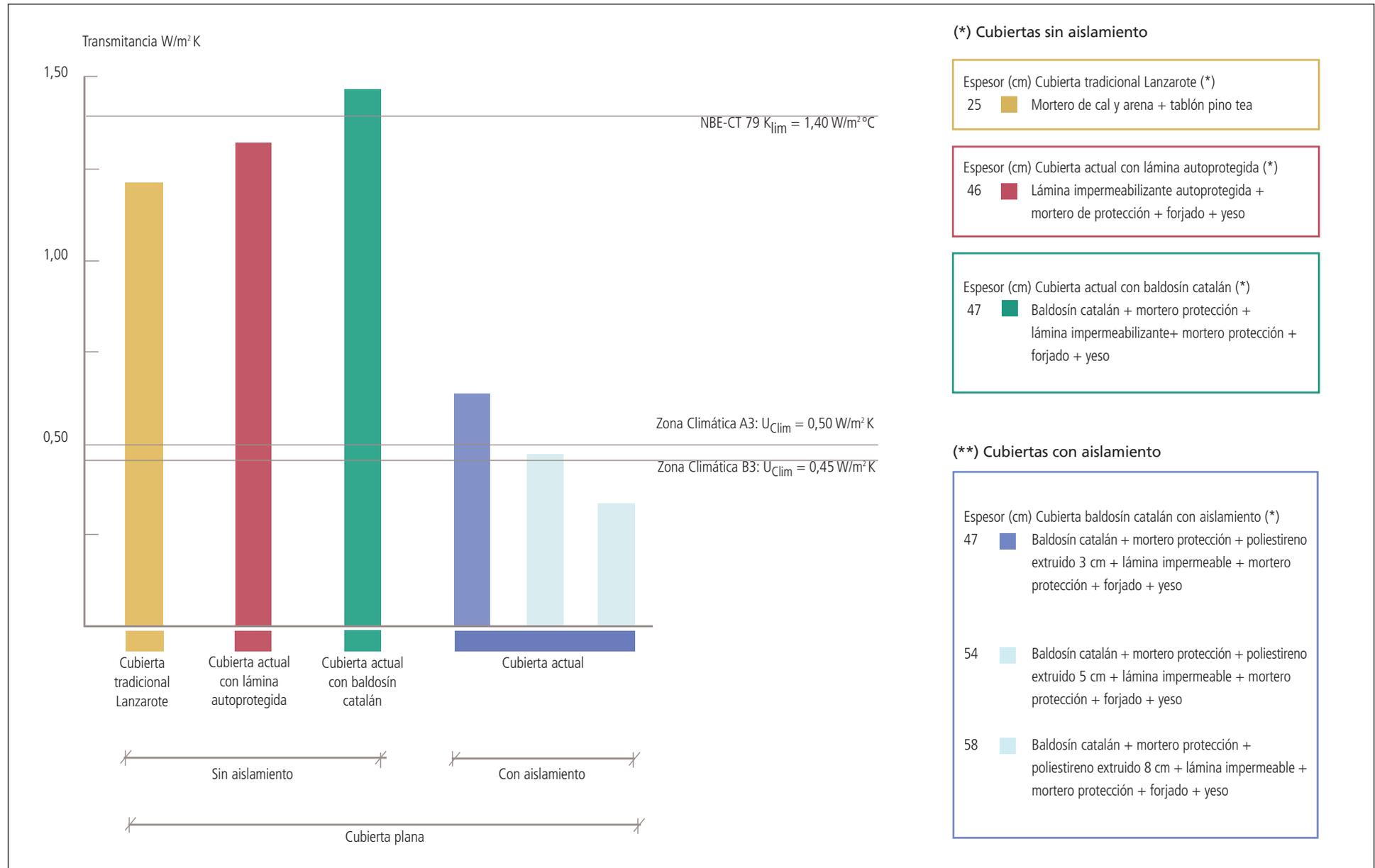
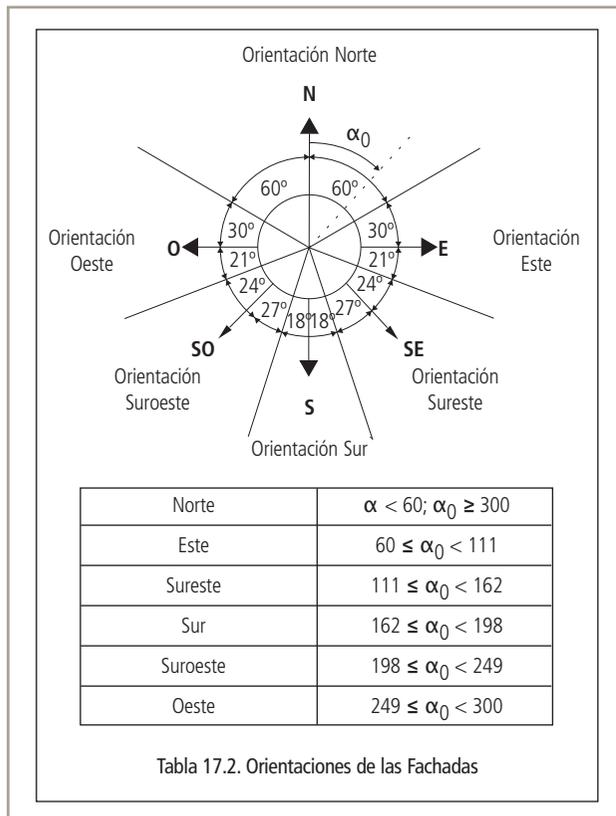


Figura 16.2. Transmitancia Térmica de Cubiertas (U_c)
Elaboración propia: M. de Luxán, A. Reymundo, M. Bango

17. TRANSMISIÓN TÉRMICA EN HUECOS

M. de Luxán García de Diego, A. Reymundo Izard, M^a. C. Bango Yanes

En cuanto a la transmitancia por los huecos, tendremos en cuenta la limitación de varios factores que se indican a continuación y, como vemos, *el CTE* distingue dichos límites para cada fachada. El documento *penaliza las fachadas norte* y considera óptimas las fachadas sur en cuanto a exigencias de transmitancia.



Transmitancia límite de huecos según CTE/HE-1										
Zona climática A3										
% Huecos	Transmitancia límite de huecos (U_{Hlim} (W/m ² K))				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
					Baja carga interna			Alta carga interna		
	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
< 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
$11 \leq \% \leq 20$	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
$21 \leq \% \leq 30$	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
$31 \leq \% \leq 40$	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
$41 \leq \% \leq 50$	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
$51 \leq \% \leq 60$	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,50	-	0,54	0,36	0,51	0,39

Tabla 17.1. Transmitancia límite de huecos según CTE/HE1 para la zona climática A3
En los casos en que la transmitancia de muros sea inferior a 0,67 W/m² K, se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis.

En los climas canarios más cálidos (zona A3), la peor orientación no es la norte, sino la oeste, ya que es la más difícil de proteger en verano durante las últimas horas del día en que existe mayor radiación solar acumulada en los edificios.

Los factores que intervienen en la limitación de ganancias-pérdidas indeseables, para los huecos son:

- 1) La transmitancia por el propio vidrio y por el marco de la carpintería (controlar la absortividad del marco, cuanto más oscuro, mayores captaciones tendrá)
- 2) El factor solar: es decir, lo que se puede mejorar el vidrio para evitar ganancias o pérdidas térmicas indeseables (P. ej.: vidrios de baja emisividad, reflectantes, ...)
- 3) El factor sombra que se pueda añadir a los huecos de las distintas fachadas mediante:
 - a. Voladizos
 - b. Retranqueos del hueco sobre la fachada
 - c. Lamas horizontales
 - d. Lamas verticales
 - e. Toldos
- 4) La permeabilidad al aire de las carpinterías.

Así pues, al igual que se hizo con los muros:

Es importante tener en cuenta al diseñar que cuanto mayor sea el tamaño del hueco, más ganancias térmicas indeseables tendremos en verano y más pérdidas en invierno y que en verano, que es cuando más energía se consume debido al aire acondicionado, se conseguiría mayores ahorros y confort térmico con una protección solar adecuada del hueco, que mejorando el vidrio y el marco, soluciones que suelen ser más caras y menos eficientes.

A continuación se aportan unas tablas donde se han analizado las carpinterías más habituales y sostenibles con que se construye habitualmente en Canarias, para fachadas con porcentajes de huecos entre el 11 y el 50%.

Se estima que utilizando porcentajes mayores de huecos en fachadas, el ahorro energético queda seriamente comprometido ya que las fachadas quedan más vulnerables a tener ganancias o pérdidas térmicas indeseables, a la vez que disminuye la capacidad de "acumulación de confort" por sistemas pasivos, dada la disminución de inercia térmica de los muros.

Los tipos de marco que se han analizado son:

- 1) Marco de madera, debería tener acreditada la sostenibilidad de su procedencia.
- 2) Marco de aluminio.
- 3) Marco de aluminio con rotura de puente térmico.

Todas se han analizado con diferentes tipos de vidrios (simples, dobles, de baja emisividad, ...) calculándose la transmitancia para cada una de ellas con su vidrio correspondiente.

Porcentajes de vidrio en fachada superiores al 30% comprometen el aprovechamiento adecuado de la inercia térmica de los muros, necesaria en la arquitectura solar pasiva

En Canarias deben procurarse evitarse los lucernarios convencionales que no puedan protegerse de la radiación solar, ya que suponen pérdidas térmicas en invierno durante la noche y aportes menores que los que vendrían de un hueco orientado a sur y, por otro lado, aportes indeseables en verano (hasta 8.000 Wh/m².día en el mes de Junio, como puede verse en la gráfica ya estudiada en el capítulo correspondiente a la radiación solar).

El tamaño de las ventanas captoras depende de varios factores: orientación, características del vidrio, etc., pero muy simplificada podría recomendarse para un clima templado como el canario que la superficie de ventana captora al Sur, en relación a la superficie útil del local a calefactar se aproximase a la indicada en la tabla 17.3.

Temp. media Exterior Enero	Sup. de ventana al Sur en % de Sup. útil de local con vidrio sencillo	
	Zona A3	Zona B3
De +8°C a +12°C	12%	16%
>+12°C	10%	14%

Tabla 17.3.

Sup. de ventana al Sur en % de Sup. útil de local con vidrio sencillo

Escogiendo los valores más bajos en altitudes menores a 800 m (Zona A3 según nuevo Código Técnico) y los más altos en las altitudes superiores a 800 m (B3 según nuevo Código Técnico).

Estos valores son para ventanas con vidrio simple con un factor solar del 85% aproximadamente; si se colocasen vidrios dobles, de baja emisividad, etc., con factor solar más bajo, habría que aumentar el tamaño de la ventana según el % de disminución del factor solar del vidrio.

	Factor solar del vidrio	Coefficiente sobre vidrio simple
Vidrio simple 6 mm	85%	1
Vidrio doble 6+8+4	75%	1,13
V. doble baja Emisividad 6+8+4	65 %	1,30

Tabla 17.4.

Factor solar del vidrio y coeficiente a aplicar según tipología del vidrio

La primera columna es el factor solar del vidrio, y la segunda es el coeficiente por el que habría que multiplicar la superficie de hueco si en vez del vidrio simple que se indica en el cuadro, se pusiera doble o de baja emisividad.

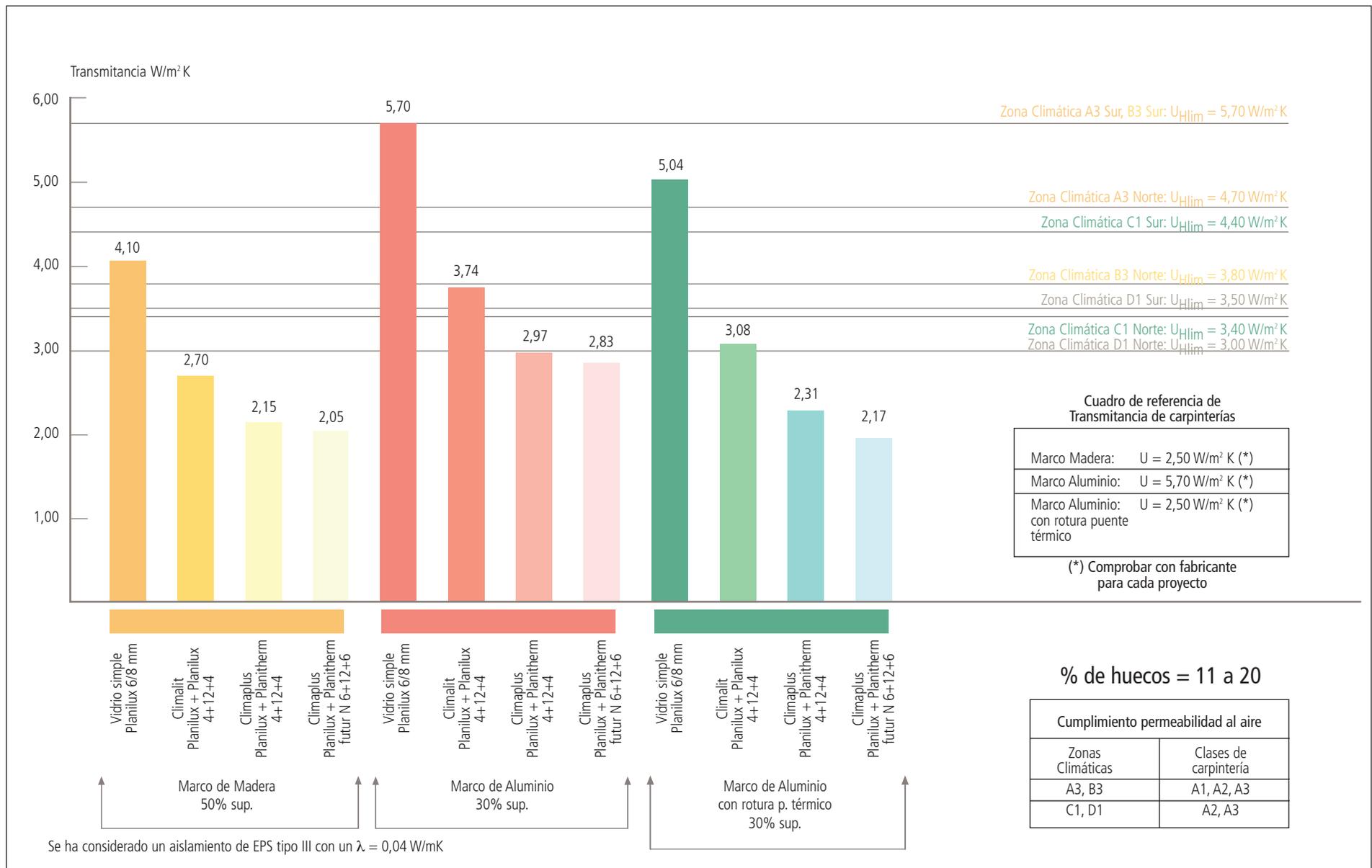


Figura 17.1. Transmitancia Térmica de Huecos (U_H)
Elaboración propia: M. de Luxán, A. Reymundo, M. Bango

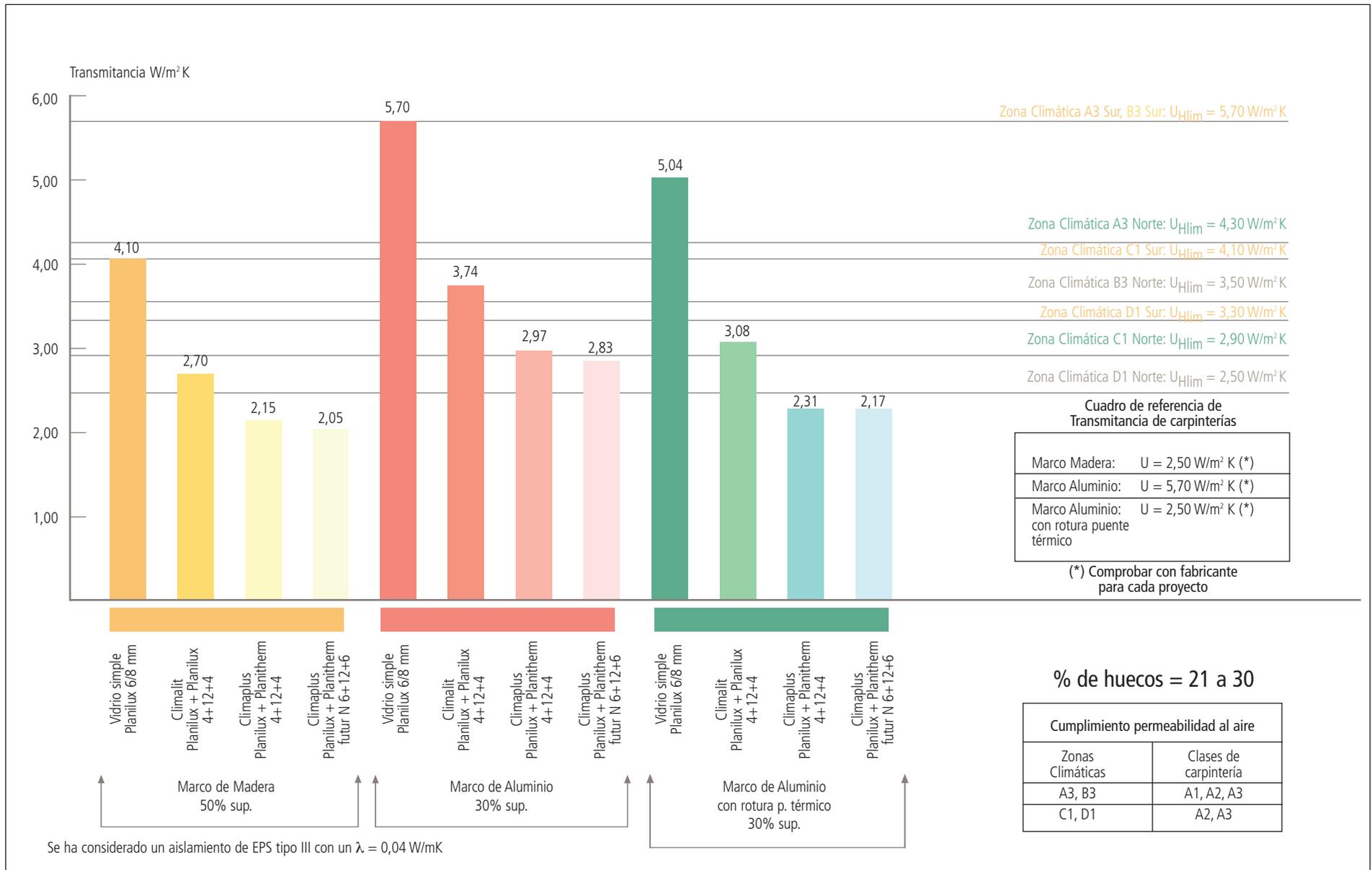


Figura 17.2. Transmitancia Térmica de Huecos (U_H)
Elaboración propia: M. de Luxán, A. Reymundo, M. Bango

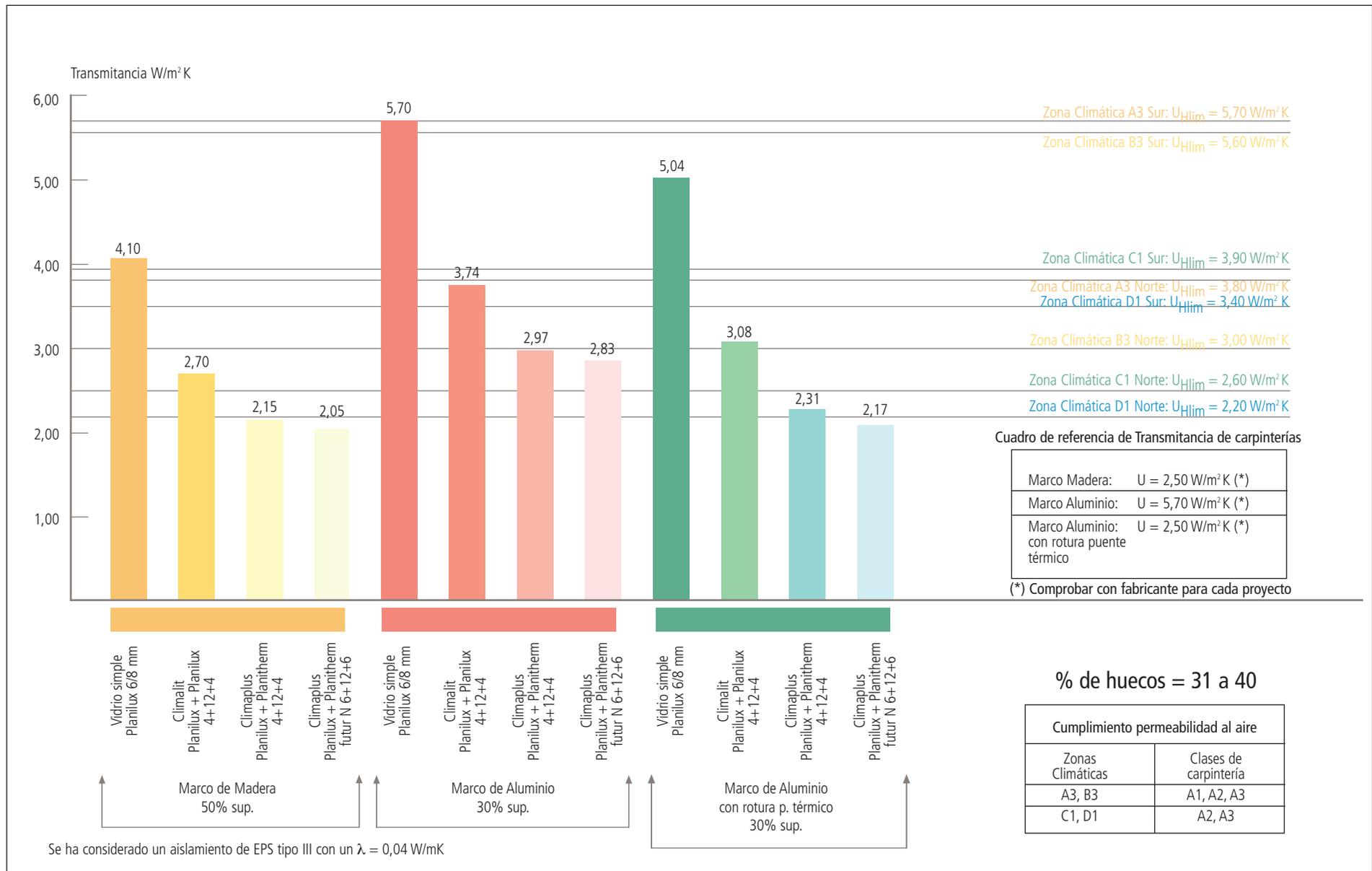


Figura 17.3. Transmitancia Térmica de Huecos (U_H)
Elaboración propia: M. de Luxán, A. Reymundo, M. Bango

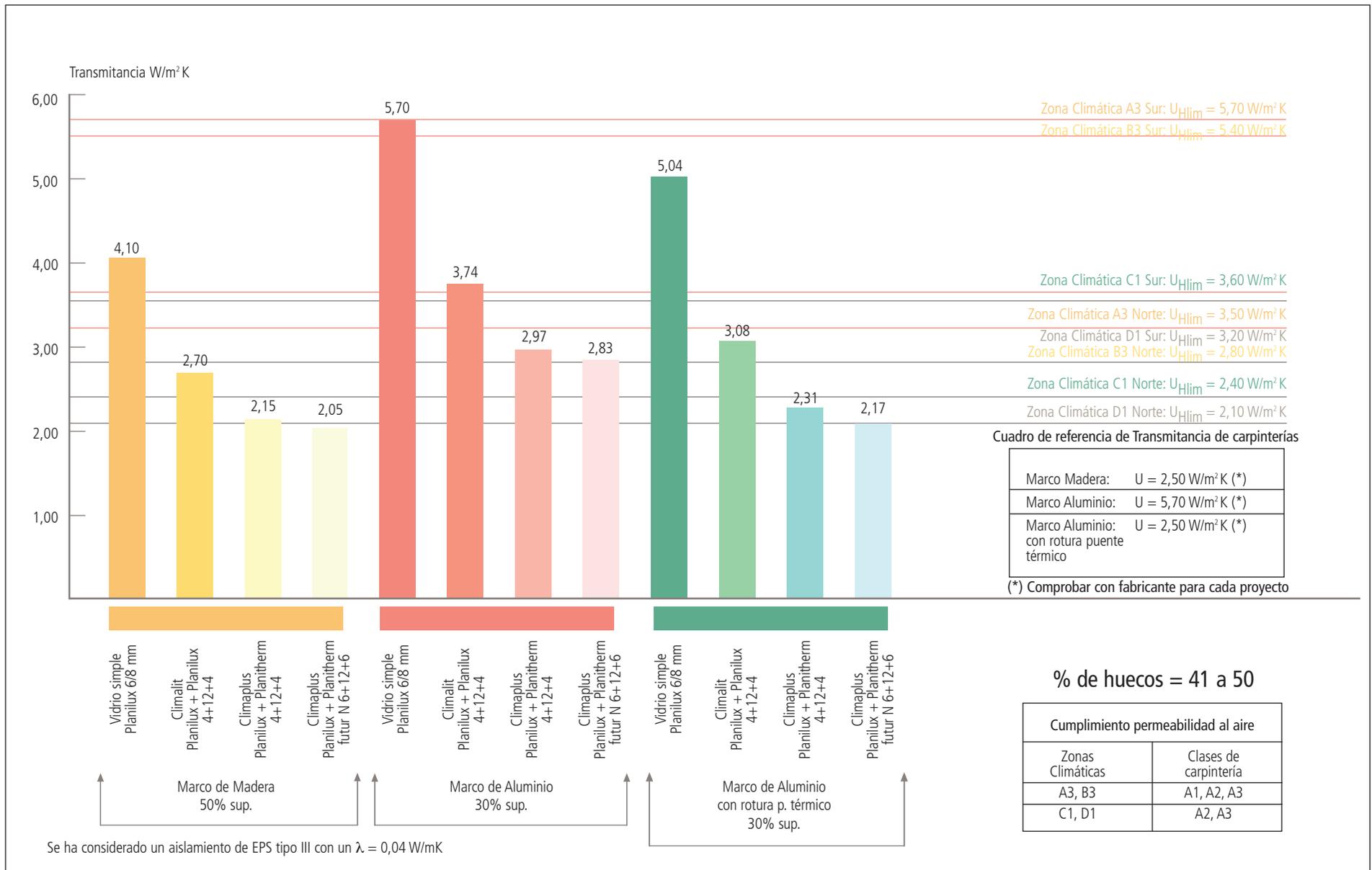


Figura 17.4. Transmitancia Térmica de Huecos (U_f)

Elaboración propia: M. de Luxán, A. Reymundo, M. Bango

BLOQUE VII

CONCLUSIONES

Margarita de Luxán García de Diego
Araceli Reymundo Izard
(autoras)

18. CONCLUSIONES

M. de Luxán García, A. Reymundo

Son las condiciones de cada lugar las que marcan las exigencias y capacidades que hay que pedir a la arquitectura como medio de mejorar, a través de la edificación, las situaciones base; no existe por lo tanto "la casa bioclimática" única sino "casas bioclimáticas" para cada lugar, para cada situación.

Uno de los problemas que pueden presentarse con la difusión y transformación en "moda" de los diseños de los edificios ecológicos, es que se importen indiscriminadamente soluciones y tecnologías proyectadas para otros entornos naturales, de climas con regímenes de temperaturas, vientos y humedad y soleamiento diferentes, copiándolos porque hayan logrado una imagen atractiva, sin interpretarlas y traducirlas a condiciones distintas.

Para hacerse una idea de lo antes dicho, en la figura 18.1, como ejemplo, se ha hecho una simplificación de la carta bioclimática de Olgay, con los datos climáticos del área de Berlín, del área de París, del área de Londres y de algunas de las capitales de provincia andaluzas.

Puede observarse, en las áreas de Berlín, París o Londres, que los mayores problemas derivan del frío, los cuales no podrían salvarse en ningún caso con sistemas solares pasivos y que rebasan ampliamente las zonas de posible corrección con medios bioclimáticos.

Parece lógico que estas condiciones deriven en tecnologías y materiales que busquen la producción y el mantenimiento del calor por todos los medios, más aún si se tiene en cuenta que la radiación diaria global en enero es, aproximadamente, de 1 kWh/m² y de 5,4 kWh/m² en julio, tomando una media de estas áreas.

Se puede y se deben estudiar los documentos que muestran arquitecturas de otras áreas, pero para ver los métodos de estudio que siguen y los factores que tienen en cuenta, no para copiar sus soluciones, ya que muchas veces, al estar proyectadas para sus condiciones climáticas, resultarían hasta contraproducentes aplicarlas a las condiciones climáticas canarias.

En este sentido es urgente avanzar en la investigación sobre materiales, técnicas y sistemas acordes con las necesidades y capacidades medioambientales locales específicas, si no se quiere caer en distorsiones y contrasentidos absurdos.

Las posibilidades de desarrollar en Canarias arquitectura integrada en su medioambiente y energéticamente consciente son evidentes, ya que se dispone de unos climas relativamente cercanos a los reconocidos científicamente como confortables, benignos en comparación con otras latitudes, y cuenta, además, con la opción de captar y manejar valores de radiación solar apreciables durante todas las estaciones anuales.

Cabe observar que en los climas canarios hay que tener muy en cuenta los posibles problemas de recalentamiento ya que la radiación diaria global en enero es de 3,27 kWh/m² y en julio de 6,80 kWh/m², tomando una media del territorio.

Analizando las capitales canarias, se ve que en la mayoría de ellas, y en condiciones diurnas, podría entrarse en zona de confort con medios bioclimáticos en invierno y que, asimismo, puede conseguirse el confort en verano en casi todas por medios naturales.

Por todo lo antedicho cabe concluir que el campo de la arquitectura bioclimática y energéticamente consciente en

Canarias, se presenta abierto y pleno de posibilidades para insertarse en los sistemas habituales de proyectación arquitectónica.

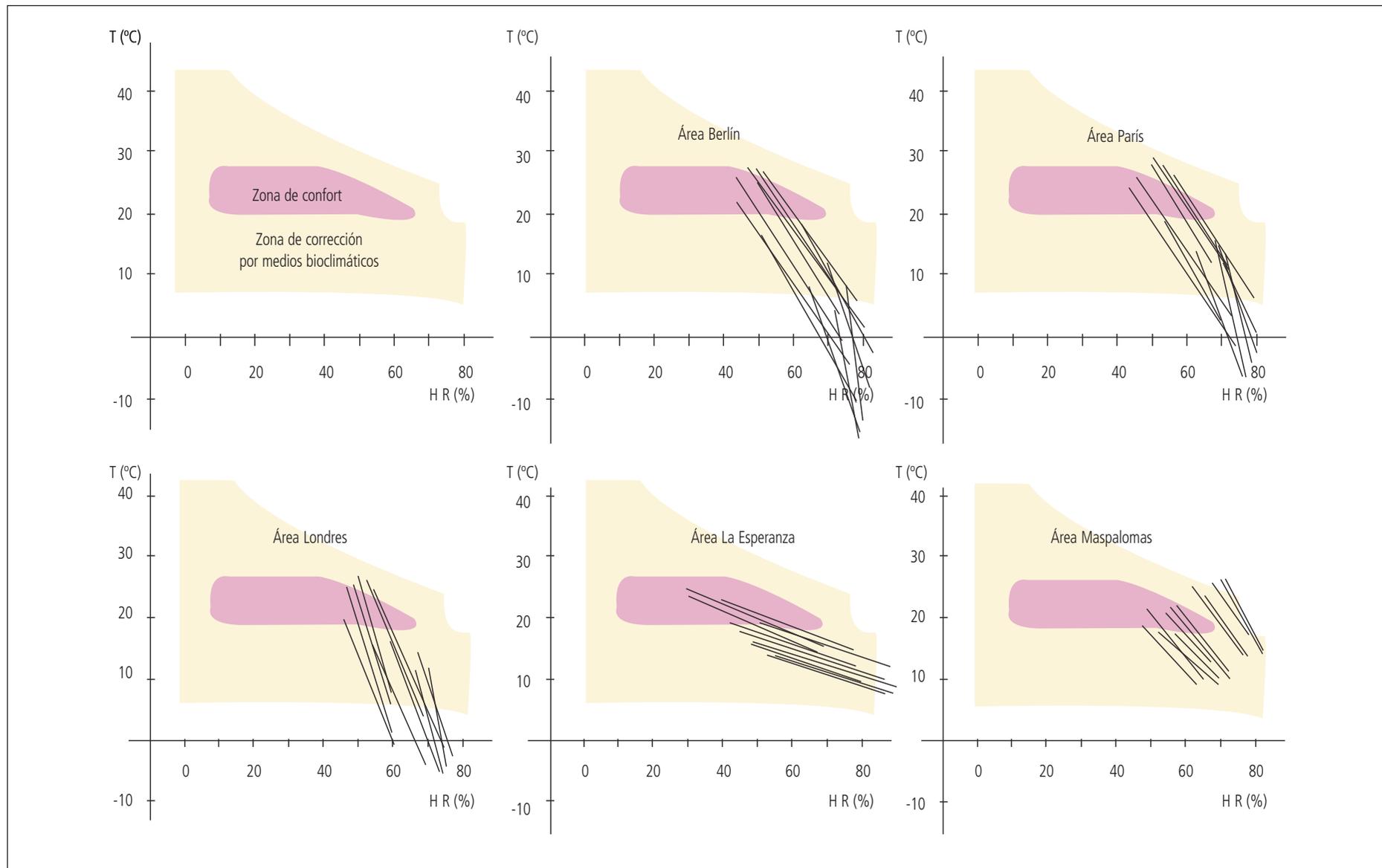


Figura 18.1. Climogramas comparativos de otras latitudes.

19. BIBLIOGRAFÍA

Arquitectura y clima en Andalucía. Manual de diseño.

Margarita de Luxán, Flavio Celis, Fernando da Casa, Ernesto Echeverría, Isidro Villota (SAIMA). Junta de Andalucía. Sevilla 1997.

Aplicación de soluciones y recomendaciones de adecuación bioclimática para el diseño de viviendas de promoción oficial y sus elementos constructivos.

Margarita de Luxán, Flavio Celis, Fernando da Casa, Ernesto Echeverría (SAIMA). MOPTMA 1993. Madrid 1993.

Estudio de las posibilidades de actuación con criterios de sostenibilidad en la rehabilitación privada de viviendas en Madrid.

Margarita de Luxán, Mariano Vázquez, Ricardo Tendero, Gloria Gómez, Emilia Román, Mar Barbero. EMVS 2005.

Acondicionamiento y energía solar en arquitectura.

César Bedoya Frutos, Javier Neila González. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. Madrid 1986.

La inercia y la estabilidad térmica en las construcciones.

Fco. Javier Neila González. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid.

Aplicación de soluciones y recomendaciones de adecuación bioclimática para el diseño de viviendas de promoción oficial y sus elementos constructivos.

Seminario de arquitectura integrada en su medio ambiente. MOPTMA. Madrid 1993

Análisis de los materiales empleados en la edificación en la isla de Lanzarote desde una perspectiva medioambiental.

Luis Álvarez-Ude y diversos autores (AUIA y UPC). LIFE LANZAROTE 2001-2004 Unión Europea. Cabildo de Lanzarote.

Architecture et Climat.

Varios autores. Services de Programmation de la Politique Scientifique. Bruselas 1986.

Arquitectura Bioclimática.

Jean Louis Izard, Alain Guyot. Ed. Gustavo Gili. México D.F. 1983.

Arquitectura solar natural.

David Wright. Ed. Gustavo Gili. México 1983.

Arquitectura radical. Arquitectura del pueblo.

Arturo García Arroyo. Ed. Instituto Eduardo Torroja, C.S.I.C. Madrid 1974.

Arquitectura Solar.

Guillermo Yáñez. Ed. M.O.P.U. Dirección General para la Vivienda y la Arquitectura. Madrid 1988.

Atlas Climático de España.

Dirigido por Inocencio Font Tullot. Ed. Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones. Madrid 1983.

Atlas de la Radiación Solar en España.

Inocencio Font Tullot. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid 1984.

Bases para el diseño solar pasivo.

Equipo de ahorro de energía en la edificación, Arturo García Arroyo y otros. Ed. Instituto Eduardo Torroja C.S.I.C.

Clima, Lugar y Arquitectura.

Rafael Serra Florensa. Ed. C.I.E.M.A.T. Madrid 1989.

Clima y Urbanismo.

Justo Uslé Álvarez. Ed. Dpto. de Publicaciones de alumnos de la U.P.M. Madrid.

Climatología de España y Portugal.

Inocencio Font Tullot. Design with Climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism. Victor Olgyay. Ed. Princeton University Press. New Jersey 1973.

Effects of Heat Storage and variation in outdoor temperature and solar intensity on heat transfer through walls.

Alford, Ryan, Urban. A.S.H.U.E. Transactions, VI 45. 1939.

El clima en la cuenca baja del Guadalquivir.

J.J. Molina.

El libro del clima.

Varios autores. Ed. H. Blume. Madrid 1983

El libro de la Energía Solar Pasiva.

Edward Mazria. Ed. Gustavo Gili. México 1983.

El acristalamiento con luna pulida Cristañola y con luna "Securit".

Centro de Información Técnica del Vidrio. CITAV. 1962.

El vidrio en la construcción. Situación actual y orientación de la I + D.

José Antonio Coto. Informes de la construcción, vol. N° 43. Enero/ Febrero 1992.

Energía, Medio Ambiente y Edificación.

Philip Steadman. Ed. H. Blume. Madrid 1978.

Energía para la vida.

Ronald Alves, Charles Milligan. Ed. H. Blume. Madrid 1985.

Energía solar, edificación y clima.

Guillermo Yáñez. Ed. M.O.P.U. Madrid 1982.

Energy Conscious Design.

Varios autores. Ed. J.R. Goulding, J. Owen Lewis, T. Steemers. Bruselas 1992.

European Solar Handbook.

Varios autores. Ed. P. Achard, R. Gicquel. Commission of the European Communities. Bruselas 1986.

Guía para la elaboración de estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología.

Varios autores. Coord. Ignacio claver Farias. CEOTMA, Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo. Madrid 1982.

Influencias de la transmisión térmica sobre el confort de interiores.

Arturo García Arroyo y otros. Ed. Instituto Eduardo Torroja. C.S.I.C. Madrid.

La influencia del clima en la edificación. Sistemas pasivos de energía solar.

Asociación de aplicaciones de la electricidad. ADAE. Madrid.

La casa solar. Diseño y construcción.

Donald Watson. Ed. H. Blume. Madrid 1985.

La Casa Pasiva. Clima y ahorro energético.

The American Institute of Architects. Ed. H. Blume. Madrid 1984.

Las energías alternativas en la arquitectura.

Varios autores. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. Madrid 1982.

Los climas de España.

José Angel Jaime Capel Molina. Barcelona 1971.

Manual de aislamiento. ISOVER.

Cristalería Española S.A. Madrid 1992.

Manual de la ventana.

Margarita Mendizábal. M.O.P.U. Madrid 1984

Mapa eólico nacional.

Instituto Nacional de Meteorología. Madrid 1988.

Periodic Heat Flow. Homogeneous Walls or Roofs.

C.O. Mackey, L.T. Wright. Ed. A.S.H.U.E. Transactions, Vol. 50. 1944.

Periodic Heat Flow. Composite Walls of Roofs.

C.O. Mackey, L.T. Wright. Ed. A.S.H.U.E. Transactions, Vol. 52. 1946.

Second European Conference on Architecture.

Varios autores. Ed. Theo C. Steemers, Wolfgang Palz. Commission of the European Communities. Bruselas 1990.

Solar control and shading devices.

Olgay & Olgay. Ed. Princenton University Press. New Jersey 1973.

Soleil et architecture.

Mieczylaw Twarowsky. Arkady - Dunod. 1967.

Summer Comfort Factors as influenced by the thermal properties of building materials.

C.O. Mackey, L.T. Wright. Ed. A.S.H.V. Transactions, Vol. 49. 1943.

Transmisión del calor.

Alan J. Chapman. Ed. Bellisco. Madrid. 1990.

Working in the city.

Competition conditions and procedures. Commission of the European Communities. 1989.

Borrador definitivo del Código técnico de la Edificación.

Ministerio de Fomento.

Norma Básica de la edificación NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas en los edificios.

Real decreto 1490/75.

Y diversos folletos publicitarios informativos de las siguientes casas comerciales:

- 3M.
- Cristalería Española S.A.
- Diseño Solar.
- Douglass Ariño S.A.
- D.T.I.
- Luxguard.
- Murguía S.A.
- Riso S.A.
- Hyspalit S.A.

REFERENCIAS

- Alcorn, J.A.; & G. Baird (1996) «Embodied Energy Analysis of New Zealand Building Materials - Methods and Results», Conference Embodied energy - the current state of play, Deakin University, 28-29 November 1996, pp. 61-71.
- Alcorn, J. A.; & P.J. Haslam (1996) «The Embodied Energy of a Standard House -- Then and Now», Conference Embodied energy - the current state of play, Deakin University, 28-29 November 1996, pp. 133-140.
- Atkins, P.W (1984) The second law. s.c.: Scientific American Books, Inc.
- Bejan, Adrian (2004) Convection Heat Transfer. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, 3rd ed.
- Calero, R. et al. (1994) Posibilidad de ahorro doméstico en Canarias. Las Palmas: Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- Ceresulea Puche, Antonio (1985) Rehabilitación ambiental con métodos tradicionales. Madrid: COAM.
- Duffie, J. and W. Beckman (1992) Solar Engineering of Thermal Processes. s.c.: John Wiley and Sons, 1992 (2nd ed.). 919 pp.
- EU (2002) Best Practice Projects Yearbook 1997-2000. Madrid: IDAE/European Communities.
- Estevan, Antonio; Ballesteros, Gregorio (1996) Diseño de programas integrados de gestión de la demanda del agua. Madrid: MOPTMA.
- Hernández Aja, Agustín (ed.) (1985) Rehabilitación. Madrid: Gerencia Municipal de Urbanismo, Instituto Juan de Herrera, SPyOT.
- Hernández González, Cayetano (1993) Manual de energía solar fotovoltaica. Madrid: IDAE.
- IDAE (2004) Instalaciones de Energía Solar Térmica para Comunidades de Vecinos Madrid: IDAE (folleto promocional).
- Jaques, Roman (1996) «Energy Efficiency Building Standards Project - Review of Embodied Energy», Conference Embodied energy - the current state of play, Deakin University, 28-29 November 1996, pp. 7-14.
- Mardaras, Iker & Mikel Cepeda (2004) «Cuantificación energética de la construcción», Comunicación al Foro Arca 2. Madrid: CSCAE/COAM.
- Martín Monroy, Manuel. Programa ANTESOL. Análisis Térmico de Cerramientos Soleados. ETSA Las Palmas de Gran Canaria.
- Moewes, Gunther (1997) «Solar, defensiv ober beides?», Detail, 3/1997.
- Naredo, José Manuel; Antonio Valero (1999) Desarrollo económico y deterioro ecológico Madrid: Fundación Argentaria/ Visor.
- Naredo, José Manuel (dir); et al. (2000) Composición y valor del patrimonio inmobiliario en España. Madrid, Ministerio de Fomento, Serie Monografías, 85 pp.
- Norgard, Jorgen S. (1993) «Energía para el confort personal: opciones eficaces y límites», en Energía para el mañana: conferencia sobre "energía y equidad para un mundo sostenible", Madrid: Los libros de la catarata.
- Ortiz, Antonio (1999) «Cuantificación de la extracción de rocas y minerales de la corteza terrestre», en Naredo & Valero (1999:103-137).
- Pears, Alan (1996) «Practical and Policy Issues in Analysis of Embodied Energy and its Application», Conference Embodied energy - the current state of play, Deakin University, 28-29 November 1996, pp. 15-22.
- Phylipsen, G.J.M.; E.A. Alsema (1995) Environmental lifecycle assessment of multicrystalline silicon solar cell modules. Utrecht: Department of Science, Technology and Society of Utrecht University. Report no. 95057.
- Ramón Moliner, Fernando (1980) Ropa, sudor y arquitecturas. Madrid: H. Blume Ediciones.
- Ramón Moliner, Fernando (1983) Normativa exigencial de habitabilidad en la vivienda. Desarrollo ordenancístico. Madrid: MOPU, Dirección General de Arquitectura y Vivienda. Borrador mecanuscrito.
- Ramón Moliner, Fernando (1985) «Exigencias de habitabilidad y posible normalización», en Hernández, 1985:83-92.
- Salomonsson, G.D.; & M.D. Ambrose (1996) «Product Comparison Methods», Conference Embodied energy - the current state of play, Deakin University, 28-29 November 1996, pp. 23-31.
- Sayigh, A. and J. McVeigh (eds.) (1992) Solar Air Conditioning and Refrigeration s.c.: Pergamon Press, 1992. 298 pp. ISBN No. 0080407501.
- SEDIGAS (2004) La energía solar y el gas. Barcelona: Sedigas (Asociación española del gas). 24 pp.
- Stodolsky, F.; A. Vyas, R. Cuenca & L. Gaines (1995) «Life-Cycle Energy Savings Potential from Aluminum-Intensive Vehicles», Argonne (Illinois): Transportation Technology R&D Center of Argonne National Laboratory. (Paper presented at 1995 Total Life Cycle Conference).
- Valero, Antonio (1999) «El «coste ecológico» de la energía eléctrica. Un ejemplo de cálculo.», en Naredo & Valero

(1999:219-222).

Vázquez Espí, Mariano (2001) «Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales», Informes de la construcción, nº 471, pp. 30-43. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Vale, Blenda; Vale, Robert (1991) Green Architecture. Design for a sustainable future. London: Thames and Houdson, Ltd.

SITIOS WEB DE INTERÉS

- www.habitat.aq.upmes
- www.e-sostenible.org
- www.codigotecnico.org
- <http://editorial.dca.ulpgc.es/ftp/ambiente/antesol/>
- <http://editorial.dca.ulpgc.es/ambiente/2clima/index.htm>
- www.squ1.com
- <http://www.susdesign.com/overhang/index.php>
- <http://eduambiental.org>

TECNOLOGÍAS PARA LA EDIFICACIÓN
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE

BLOQUE VIII

SISTEMAS ACTIVOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Pilar Navarro Rivero, Ramón García Déniz
(autores)

Lidia Segura Acosta, Águeda Santana Pérez,
Delia Cabrera Pérez, María Jesús Domínguez Hernández,
Salvador Suárez García, Gonzalo Piernavieja Izquierdo
(colaboradores)

20. INTRODUCCIÓN

P. Navarro Rivero, R. García Déniz, D. Cabrera Pérez, S. Suárez García, G. Piernavieja Izquierdo

La situación energética de las últimas décadas ha estado influida por el irremediable agotamiento futuro de los combustibles fósiles, por la repercusión que tiene el excesivo consumo energético y por sus consecuencias medioambientales a gran escala, entre las que destaca el cambio climático.

La edificación es uno de los sectores hacia los que se ha dirigido y se dirigen los esfuerzos reductores del consumo de energía, abarcando incluso el ciclo de vida de los edificios y el de los materiales que se utilizan en su construcción. La búsqueda de este objetivo se refleja en la publicación de reglamentación que regula y limita el consumo de energía en las instalaciones interiores (climatización, producción de agua caliente sanitaria, iluminación) y que establece criterios de diseño para los materiales empleados en la envolvente del edificio.

Tradicionalmente y sobre todo en la arquitectura rural, la construcción de espacios habitables ha seguido criterios basados en la información oral transmitida generacionalmente sobre la adaptación al entorno y el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles en el emplazamiento elegido. Estas ideas, con las que se buscaba soluciones a medida para cada emplazamiento y para cada diseño, basándose siempre en recomendaciones generales, fundamentaron una nueva visión del proceso arquitectónico, dando lugar a la arquitectura bioclimática, desarrollada y normalizada en un periodo de crisis energética (años 70).

En las dos partes precedentes se han analizado las condiciones climáticas del emplazamiento y se ha tratado la concepción y el diseño de los edificios de manera que estén adaptados adecuadamente a dicho entorno. Las características climáticas y del medio natural en Canarias son próximas a las condiciones de confort en muchas localizaciones y en buena parte del año, con lo

que las posibilidades de encontrar soluciones arquitectónicas con sistemas de adecuación sencillos y globalmente económicos son muchas.

Los diseños planteados según estos criterios bioclimáticos alcanzan un elevado grado de cobertura de las necesidades energéticas del edificio (aporte de luz natural, control de la temperatura interior, etc.) pero se han de complementar con determinados sistemas activos basados en energías renovables que proporcionen energía útil. Este es el caso de instalaciones solares térmicas para la producción de agua caliente sanitaria o climatización mediante frío solar o suelo radiante, así como de instalaciones solares fotovoltaicas y minieólicas para la producción de electricidad destinada al consumo del equipamiento interior del edificio, habitualmente en la modalidad de inyección en red de la energía producida. De esta forma, la contribución energética de las energías renovables, implementadas en la edificación, puede suponer el equilibrio energético en la utilización del edificio, de manera que la energía consumida en el mismo sea igual a la energía generada por sus sistemas activos de producción.

Éste es el objetivo de la Unión Europea para el 1 de enero de 2019: la construcción de **edificios de energía cero**, edificios nuevos que produzcan tanta energía como la que consuman. Esta producción de energía se habrá de realizar mediante el aprovechamiento de las energías renovables del entorno (solar, eólica, geotérmica, etc.). Al mismo tiempo y para el parque edificatorio se fijaran porcentajes mínimos a conseguir para los años 2015 y 2020. La Directiva Europea 2002/91/CE, transpuesta por los estados miembros y germen de la actual legislación española en materia de construcción (Código Técnico de la Edificación, Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios y Certificación

Energética de Edificios), será así derogada o modificada en los próximos años. Con esto, este manual de diseño muestra la legislación vigente aplicable a la edificación en la fecha de su publicación, pero no asume la vigencia futura de la misma debido a que probablemente la legislación sufra modificaciones en los próximos años.

VISIÓN DE FUTURO

El archipiélago canario sufre las graves consecuencias inherentes a cualquier otra región insular carente de recursos energéticos convencionales (fósiles) y no conectada a redes continentales: total dependencia energética del exterior, importante peso del sector transporte (tanto marítimo como terrestre) en la demanda de energía primaria, suministro de combustibles exclusivamente por vía marítima y, por lo tanto, excesiva vulnerabilidad frente a crisis energéticas. El hecho insular supone, además, la existencia de sistemas eléctricos aislados, que en el caso de Canarias son muy difíciles de interconectar, debido a las significativas profundidades existentes entre islas.

En esta situación, las características del sistema energético que da soporte y nutre de energía a los edificios en Canarias son especiales y, en cierto modo, exclusivos, dado que la principal energía consumida por los edificios del archipiélago es la electricidad (sólo en determinadas localidades de medianías o de cumbre se precisa el uso directo de combustibles para procesos de calefacción), la mejora del sistema eléctrico canario implicará la mejora en el abastecimiento energético disponible para los edificios, proceso que requerirá cambios de tecnologías, cambios de comportamiento y mucho tiempo.

El panorama eléctrico canario actual es especialmente singular: seis sistemas eléctricos aislados -Lanzarote y Fuerteventura están interconectadas eléctricamente mediante un cable submarino-, una empresa que genera la mayor parte de la energía eléctrica convencional (de origen fósil), y una todavía incipiente implantación de tecnologías de energías renovables (EERR), que contrasta con el enorme potencial de recursos renovables (sobre todo eólicos y solares) existentes en las islas. El bajo nivel de desarrollo de estos sistemas limpios de producción de electricidad se debe al hecho de que los sistemas eléctricos canarios son aislados, en los que la electricidad que se demanda debe producirse en la propia isla, no existiendo, por ahora, la posibilidad de que esta demanda se cubra a través de otra vía externa. Este condicionante crítico tiene numerosos inconvenientes, que suponen una barrera al desarrollo inminente de tecnologías basadas en el aprovechamiento de las energías renovables (eléctricas). Las débiles redes eléctricas canarias no están preparadas para absorber la electricidad que generan los parques eólicos o las instalaciones solares fotovoltaicas que, además, presentan los inconvenientes de su fluctuación y su intermitencia en la producción de energía y, por tanto, no se ajustan de la manera deseable a la demanda en cada momento.

La planificación del desarrollo de las nuevas tecnologías que interactuarán con las redes de electricidad, y que serán las que más contribuirán a corto plazo a reducir nuestra dependencia energética, supone un importante reto tecnológico, administrativo, económico y social. Dentro de las medidas técnicas, habrá que implantar sistemas de almacenamiento de aquellos excedentes eléctricos (en gran parte procedentes de EERR) que no puedan ser absorbidos por las redes en un momento determinado, asunto complejo, que todavía no dispone de soluciones totalmente fiables probadas, y cuyo coste es todavía difícil de anticipar. Habrá que debatir también sobre la necesidad de disponer de suelo para ubicar estas instalaciones, tema delicado en una región con una superficie importante de su territorio protegida, sobre los costes que supondrá todo este desarrollo y sobre quién o quiénes los asumirán. La electricidad, por tanto, será un vector energético clave en los próximos años.

LOS PILARES DEL NUEVO PARADIGMA ENERGÉTICO

El ahorro y la eficiencia energética y la gestión de la demanda

Durante los próximos años se producirán cambios en la forma de consumir la electricidad. Crecerá la concienciación en el uso racional de la energía y se introducirán progresivamente tecnologías orientadas a incrementar la eficiencia energética (iluminación eficiente con LEDs, sistemas de conexión, regulación y desconexión automática de consumos, contadores inteligentes ("smart meters"), etc.). En las viviendas, oficinas y, en general en los edificios, se irán incorporando sofisticados sistemas que permitirán monitorizar todos los consumos: el consumidor pasará de ser un mero usuario de electricidad a contribuir activamente a la gestión de la demanda eléctrica.

La generación distribuida

Comienza a observarse ya una creciente tendencia hacia modelos descentralizados de producción de electricidad, en los que los sistemas de generación son cada vez más pequeños y se acercan a los centros de consumo. Estos sistemas de generación se complementarán con el acceso a los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica que acumularán excedentes de electricidad (renovable) que no puedan ser absorbidos por la red en un momento determinado. Podrán verse mini- y micro-redes eléctricas con elevadas aportaciones de EERR, que intercambiarán electricidad con las redes principales que podrán incluso funcionar de manera aislada bajo determinadas condiciones.

Sistemas de almacenamiento de energía

Se acumulará, a diferentes escalas (baterías electroquímicas, centrales hidroeléctricas reversibles, etc.), excedentes de electricidad que no se consuman en un momento determinado, para que sean posteriormente utilizados en la situación más conveniente. En Canarias hay en marcha varias iniciativas en este campo.

Mini y Microrredes

Es probable que en Canarias se vean dentro de poco tiempo pequeñas redes eléctricas con alta penetración de energías reno-

vables, fundamentalmente fotovoltaica y minieólica, y dotadas de sistemas de almacenamiento de electricidad. Estos nuevos conceptos aportarán ventajas como fiabilidad (especialmente en aquellas zonas donde los apagones son frecuentes), mayor calidad del suministro eléctrico, reducción de pérdidas en las redes de transmisión y distribución, reducción de costes debido a la reducción de la demanda pico en la red de distribución, o mejoras en la eficiencia cuando se usan junto con sistemas de cogeneración (calefacción, frío ...).

TERCERA PARTE DEL MANUAL

Esta última parte de la publicación aborda aspectos relacionados con la normativa actual aplicables a los edificios y con la producción y uso de la energía mediante sistemas activos:

- En el primer capítulo de esta parte se aborda la Certificación Energética de los Edificios como el objetivo a cumplir en la edificación, y muestra de la máxima categoría energética alcanzada en su diseño y construcción, lo que influirá en su uso posterior.
- El siguiente capítulo trata con detalle la inclusión de las energías renovables en la edificación como sistemas generadores de energía y sustitutivos de las fuentes convencionales. Se muestra información sobre las posibilidades que ofrecen la energía solar térmica, la energía solar fotovoltaica y la próxima integración de la energía minieólica en el entorno urbano.
- En el último capítulo se tratan las instalaciones consumidoras de energía dentro de la edificación, mostrando las tecnologías más eficientes y el uso adecuado que se debe hacer de las mismas.

21. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

A. Santana Pérez, L. Segura Acosta, P. Navarro Rivero, R. García Déniz

La legislación estatal, atendiendo a lo establecido en la Directiva Europea 2002/91/CE, que tiene como objetivo fomentar la eficiencia energética de los edificios en la Unión Europea, ha transpuesto esta Directiva y ha adaptado y configurado nuevos marcos legales para el sector de la construcción.

Esa nueva realidad normativa ha propiciado que, en los últimos años, se hayan publicado diferentes normas que tienen como objetivo único la eficiencia energética de los edificios, tanto de nueva construcción como existentes.

Las adaptaciones del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios y del Código Técnico de la Edificación, en los que se eleva el nivel de exigencias a las construcciones e instalaciones consumidoras de energía (antiguo RITE 98 y NBE-CT-79) han propiciado la publicación de la Certificación de la Eficiencia Energética de Edificios, en primera instancia para nuevos y determinadas situaciones de rehabilitación y, próximamente, con la inclusión de las edificaciones existentes.

CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

Significado y Marco Normativo

La eficiencia energética de un edificio puede definirse como la cantidad de energía consumida realmente, o la que se estime necesaria, para satisfacer necesidades como el calentamiento del agua, la refrigeración, la ventilación, la iluminación y la calefacción, siempre asociadas a un uso estándar del edificio.

En este sentido, en cuanto al ahorro de energía en los edificios, el Código Técnico de la Edificación regula la verificación del cumplimiento de una serie de requisitos mínimos que la misma norma

establece y que quedan recogidos en el Documento Básico: DB HE Ahorro de Energía. Por una parte, se trata de limitar la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico, teniendo en cuenta una serie de factores que afectan a la envolvente del edificio. Por otro lado, se tienen en cuenta las instalaciones térmicas y de iluminación, a las que se les exige un nivel de rendimiento, regulación y control adecuado y en consonancia con las necesidades finales. Además, se exige en algunos casos y se fomenta en otros, la incorporación de energías limpias para la producción de agua caliente sanitaria, frío o calor, e incluso electricidad.

Si se acude al reglamento que regula los procedimientos de certificación, RD 47/2007, la certificación energética no es más que el proceso por el que se verifica la conformidad con la calificación energética que se obtiene de la evaluación cuantitativa y objetiva de comportamiento energético del edificio. Dicha calificación ener-

gética debe expresarse de forma sencilla y clara para que sea fácilmente comprensible por el usuario.

En resumen, la certificación energética es el resultado de la evaluación en términos de eficiencia energética de un edificio (en proyecto o ejecutado) mediante la aplicación de uno de los procedimientos reconocidos por el Ministerio de Vivienda. Toda evaluación tiene como resultado una calificación que se expresará mediante la etiqueta energética.

Por el momento, sólo están obligados a certificarse todos los edificios de nueva construcción y las grandes rehabilitaciones (superficie de más de 1000 m² y en los que se renueve más del 15% de los cerramientos). Están exentos de aplicar la certificación:

- construcciones provisionales con un plazo de utilización previsto igual o inferior a 2 años.
- edificios industriales o agrícolas.



Figura 21.1. Esquema de la Certificación Energética de Edificios

*CALENER: Herramienta promovida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del IDAE, y por el Ministerio de Vivienda, que permite determinar el nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio.

Fuente: NZECO, S.C.P.

- edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m².
- edificios de sencillez técnica y escasa entidad constructiva que no tengan carácter residencial o público (desarrollados en una sola planta y que no afectan a la seguridad de las personas).
- edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas.
- edificios y monumentos protegidos oficialmente, cuando el cumplimiento de este decreto pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.
- edificios utilizados como lugares de culto o para actividades religiosas.

En este sentido, la Unión Europea quiere ir más allá con la propuesta de reforma de la Directiva 2002/91/EC sobre la eficiencia energética de los edificios y que dio lugar a la actual certificación energética. La propuesta de reforma da un paso adelante en la eficiencia energética de los edificios instando a que a partir del 1 de enero de 2019 todos los edificios que inicien su construcción en la Europa comunitaria deban ser autosuficientes energéticamente y reducir a cero las emisiones de gases nocivos, como el CO₂ a la atmósfera.

La certificación energética de edificios viene impuesta por la normativa vigente en España aplicable a los edificios de nueva construcción desde el 31 de octubre de 2007. En la tabla 21.1 se recoge la normativa relativa a la certificación energética de edificios desde el ámbito europeo hasta el de la comunidad autónoma canaria.

Con el objeto de regular este procedimiento a nivel autonómico, la Consejería de Empleo, Industria y Comercio del Gobierno de Canarias aprobó el Decreto 26/2009, que entró en vigor el 12 de junio de 2009, por el que se regula el procedimiento administrativo para la obtención del visado del Certificado de Eficiencia Energética de Edificios de nueva construcción y su posterior inscripción en el Registro de Certificados de Eficiencia Energética de Edificios.

La etiqueta energética y la escala de calificación

La etiqueta energética es el elemento de información que se traslada al consumidor. En ella se da información sobre los ratios de

ÁMBITO	NORMATIVA	OBJETIVOS	APLICACIÓN
EUROPA	DIRECTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios	Fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Comunidad, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficacia.	04/01/2003
ESPAÑA	REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.	Promoción de la eficiencia energética, mediante la información objetiva que obligatoriamente se ha de proporcionar a los compradores y usuarios en relación con las características energéticas de los edificios, materializada en forma de un certificado de eficiencia energética que permita valorar y comparar sus prestaciones.	01/11/2007
	CORRECCIÓN de errores del RD 47/2007	Corregir diversas erratas y recoger las particularidades de la etiqueta energética que se debe emitir en el caso de aplicar la opción simplificada de calificación.	17/11/2007
CANARIAS	CIRCULAR de la Dirección General de Energía Nº 02/08 de septiembre relativa a la zonificación climática aplicada por el programa de referencia para la obtención de la calificación de eficiencia energética de un edificio.	A los efectos de obtener la calificación de la eficiencia energética de un edificio mediante la aplicación informática CALENER y con la finalidad de evitar la incongruencia de una demanda de calefacción irreal; admitir de forma transitoria en Canarias, la utilización de las capitales de provincia como "Localidad" para todas las localidades cuya cota de referencia sea inferior a los 200 metros.	10/09/2008
	DECRETO 26/2009, de 3 de marzo, por el que se regula el procedimiento de visado del Certificado de Eficiencia Energética de Edificios y se crea el correspondiente Registro en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias.	Creación del Registro de Certificados de Eficiencia Energética de Edificios. Regulación del procedimiento administrativo para la obtención del visado del Certificado de Eficiencia Energética de Edificios de nueva construcción y su posterior inscripción en el mencionado Registro.	12/06/2009

Fuente: N2ECO, S.C.P.

Tabla 21.1. Normativa reguladora de la Certificación de Eficiencia Energética

consumo de energía y de emisiones de CO₂ que se imputan al edificio. Visualmente no difiere de la que se utiliza para clasificar energéticamente los electrodomésticos.

En la etiqueta energética se relaciona un código de 7 colores con 7 letras que definen la clase de eficiencia energética. Los edifi-

cios más eficientes tendrán la letra A y los menos eficientes la G (figura 21.2). De esta forma, se asocian los colores verdes a edificios con buena eficiencia energética, los amarillos o naranjas a los edificios con grado aceptable de eficiencia y las tonalidades rojas para aquellos edificios que no cumplen con los requisitos mínimos

de ahorro de energía que se establecen en el Código Técnico de la Edificación. No siempre el edificio más eficiente consumirá menos, del mismo modo que no tienen el mismo consumo de energía dos lavadoras de clase energética A pero de 8 kg y 6,5 kg de carga respectivamente. En dos edificios con la misma eficiencia energética el consumo de energía no será el mismo si éstos no tienen características y condiciones muy similares.

Procedimiento de calificación energética

La calificación energética de un proyecto o edificio terminado se puede obtener aplicando, bien un procedimiento simplificado, o bien un procedimiento general de los reconocidos de forma conjunta por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Ministerio de Vivienda.

La opción o procedimiento simplificado que actualmente está disponible es de fácil aplicación pero la máxima calificación que permite alcanzar es la D. Éste se basa en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica. La comprobación se realiza a través de la comparación de los valores obtenidos en el cál-

culo con los valores límite permitidos. Este procedimiento tiene su ámbito de aplicación en edificios con menos de un 60% de huecos en fachada, menos de 5% de lucernarios en cubierta y que no utilicen soluciones constructivas no convencionales, y a los nuevos cerramientos en el caso de obras de rehabilitación de edificios existentes. Recientemente se ha elaborado otro procedimiento simplificado, aún pendiente de ser reconocido como oficial, que no limita la calificación energética alcanzable pero no es aplicable a edificios que estén situados fuera del territorio peninsular.

La opción o procedimiento general, basada en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de ésta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción, se implementa mediante programas de cálculo reconocidos oficialmente para obtener la calificación energética (figura 21.3). Estos programas permiten alcanzar cualquiera de las calificaciones posibles, pero la introducción de los datos del proyecto en el programa puede resultar compleja.

Conclusiones

La mejora de calificación de un edificio debería ser el resultado de la suma de diversas medidas dirigidas, en primer lugar, a mino-

rar las demandas de energía y, en segundo lugar, a mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía asociado a las instalaciones de cada servicio.

La incorporación de energías renovables, como la solar térmica para agua caliente sanitaria (ACS), siempre se refleja en una mejora considerable de la calificación de un edificio a causa de la reducción en el consumo de energía para satisfacer los servicios afectados.

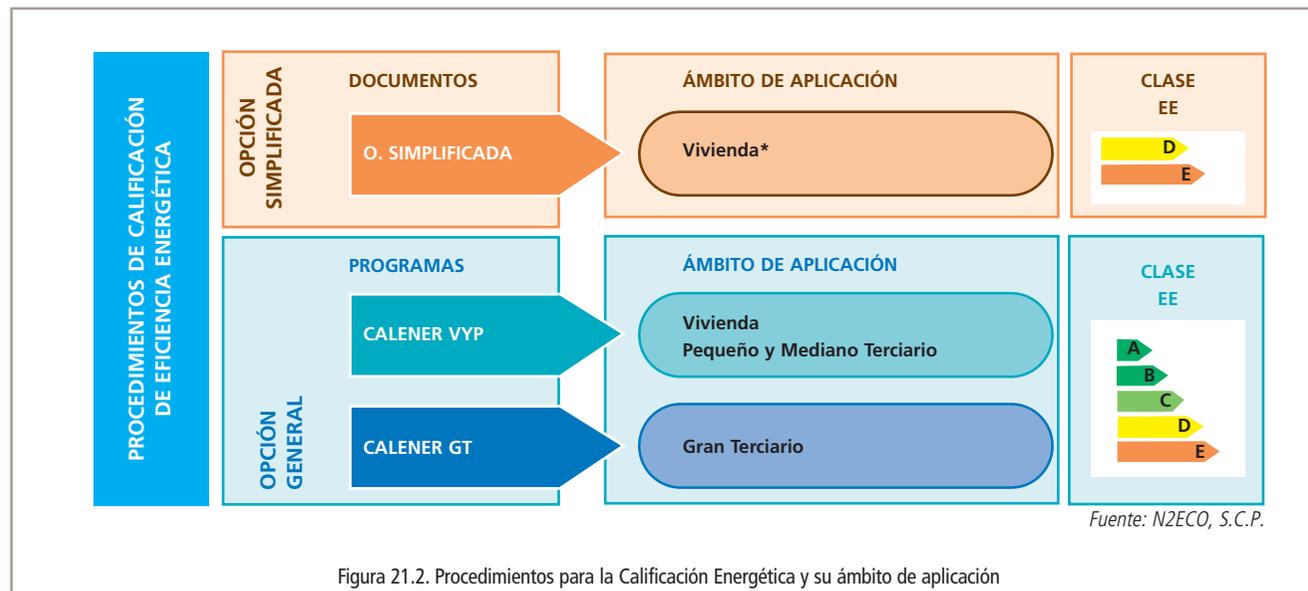


Figura 21.2. Procedimientos para la Calificación Energética y su ámbito de aplicación

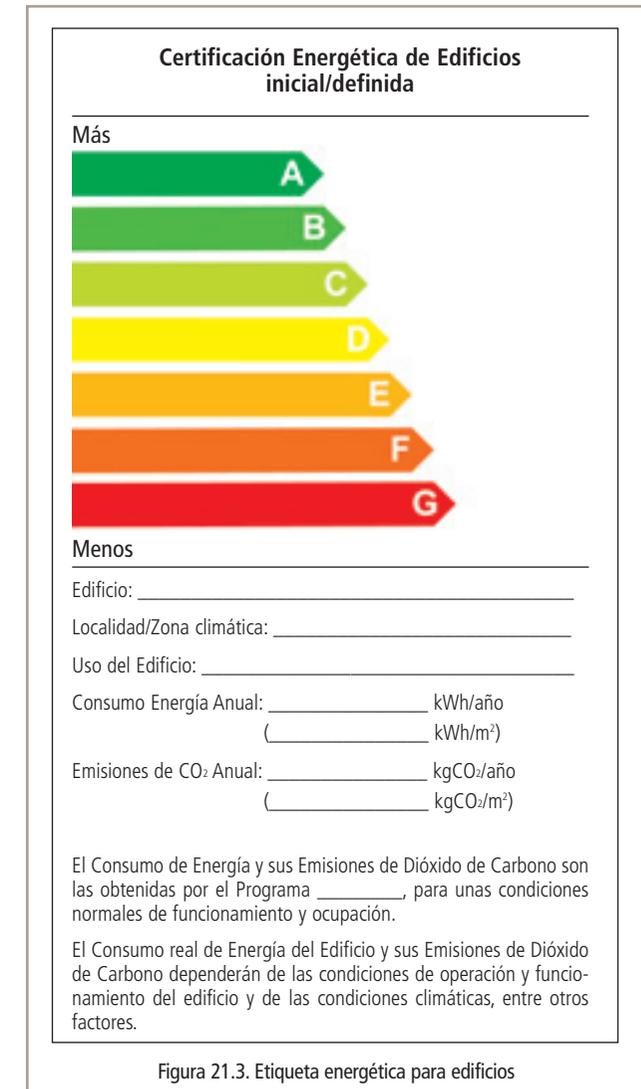


Figura 21.3. Etiqueta energética para edificios

22. ENERGÍAS RENOVABLES Y ARQUITECTURA

P. Navarro Rivero, R. García Déniz, D. Cabrera Pérez, M.J. Domínguez Hernández, S. Suárez García, G. Piernavieja Izquierdo

Además de cumplir con la función primaria de proveer cobijo y protección al ser humano, la utilización del edificio para llevar a cabo diferentes actividades implica asumir ciertas demandas, dependientes de dichas actividades, comunes a todos los edificios:

- Protección frente al frío y al exceso de calor
- Protección frente al viento
- Protección frente a la humedad, lluvia, nieve, etc.
- Creación de espacios apropiados y atractivos
- Soporte estructural para estas protecciones
- Suministro de luz natural
- Suministro auxiliar de calor y frío
- Suministro de aire fresco
- Suministro de agua fría y caliente
- Suministro de electricidad y redes de comunicación

Las primeras seis demandas son satisfechas por la envolvente del edificio, esto es, la piel que divide el espacio interior y exterior, pudiendo utilizarse los criterios de diseño bioclimáticos vistos en este manual. La demanda no conseguida de esta manera pasiva, habrá de ser suplida mediante subsistemas auxiliares: sistemas de calefacción y refrigeración, sistema de ventilación, sistema de agua fría y agua caliente y las redes de electricidad y telecomunicaciones; éstos deberán estar optimizados para permitir la obtención de energía de manera activa dentro del edificio. Aún así, la diferencia entre sistemas activos y pasivos no es exacta puesto que puede existir un diseño que promueva el uso de sistemas activos como parte de la envolvente del edificio o que dicha envolvente supla las funciones de algunos sistemas activos.

El diseño pasivo del edificio supone la incorporación de soluciones constructivas basadas en el aprovechamiento de la radiación solar y del flujo del aire para conseguir el máximo confort térmico y de las condiciones de iluminación natural para un adecuado confort lumínico. Tradicionalmente, esta adaptación a las condiciones climáticas y del entorno ha sido efectiva, pero una excesiva ocupación del territorio y el incremento de las exigencias de confort han desplazado la incidencia del diseño pasivo a favor de la incorporación de sistemas activos, con lo que se ha logrado mayor nivel de confort a costa de un mayor consumo de energía.

En la reducción del consumo energético en la edificación mediante estos sistemas activos, uno de los pilares fundamentales es el correcto y óptimo funcionamiento de las instalaciones a las que se puede aplicar criterios generales que abarquen desde la vivienda unifamiliar hasta la edificación colectiva. Además, de la utilización de sistemas de alta eficiencia energética en lo que respecta al consumo de energía, las líneas de actuación se centran sobre todo, en la incorporación de las energías renovables como sistema de aporte energético.

Las condiciones climatológicas de las islas propician que el archipiélago cuente con un importante potencial de energías renovables: los valores de radiación y de velocidad y dirección del viento son idóneos para la utilización de energías renovables como alternativa al uso de combustibles fósiles en la generación de energía útil destinada al sector doméstico y turístico, lo que supone un beneficio medioambiental efectivo y valorado.

Este potencial se aprovecha actualmente con instalaciones asociadas a la utilización directa del territorio, en forma de grandes instalaciones de energía solar fotovoltaica y de parques eólicos con aerogeneradores de elevada potencia, y con instalacio-

nes ubicadas en construcciones, como las instalaciones de energía solar térmica y energía solar fotovoltaica. En los próximos años, la energía eólica de baja potencia contribuirá de forma importante a este mix energético renovable, con sistemas conectados a red que verterán la electricidad producida en aerogeneradores de baja potencia.

ENERGÍA SOLAR

El objetivo planteado a nivel europeo de que los edificios construidos a partir del 2019 tengan un balance energético cero entre su consumo y su producción a partir de energías renovables tendrá a la energía solar como el principal contribuidor energético. Hasta esa fecha, en la que se exigirá el equilibrio, las instalaciones solares térmicas y fotovoltaicas seguirán confirmando como imprescindibles para la disminución de la energía proveniente de combustibles fósiles.

Existen determinados motivos, objetivos y subjetivos, que refuerzan el objetivo principal de la conversión en energía térmica o eléctrica utilizable. Los motivos objetivos, cuantificables, abarcan desde los motivos medioambientales (incremento de la utilización de energías renovables, menor uso de terreno al aprovechar superficies construidas, ...) hasta los energéticos (energía generada en el lugar de consumo, posibilidad de aprovechar efectos cogenerativos principalmente térmicos), pasando por los constructivos (los elementos solares pueden reemplazar elementos constructivos de la envolvente del edificio) o por los económicos (reduciendo el coste de materiales convencionales de construcción a través de la reducción de la factura energética del edificio). Otros motivos, subjetivos, complementan los anteriores: ideológicos (energía solar limpia y

renovable, autonomía energética del edificio), educativos (edificaciones medioambientalmente sostenibles, compromiso y concienciación medioambiental) y de imagen (edificios sostenibles acogen entidades sostenibles).

La práctica habitual seguida en la incorporación de estos sistemas a los edificios existentes ha sido su utilización como elementos superpuestos a la envolvente, lo que ha dado lugar, en ocasiones en las que no se ha realizado esta superposición de manera óptima, a una visión de la energía solar como alteradora de la configuración arquitectónica urbana. El coste de esta superposición es mayor al que tendría la instalación si se hubiera producido la integración desde el inicio del proyecto.

Al contrario, la integración arquitectónica de la instalación se considera como una de las claves para implementar la tecnología solar a gran escala. Esto significa que se ha de combinar efectivamente la instalación solar con el edificio, aunque éste no dependa al 100% de la energía solar para llevar a cabo sus funciones (en caso de no funcionar la instalación solar el edificio seguiría prestando las posibilidades de confort). Así, se debe hacer una distinción entre integración y superposición: cuando los captadores o módulos forman parte de la estructura del edificio se suele denominar integración; en cambio, cuando se añaden a la envolvente se denomina superposición; en este último caso, la envolvente sigue cumpliendo su función aunque se elimine el elemento superpuesto.

Una de las máximas ventajas de la integración de los sistemas solares en el edificio es, precisamente, su unión con las instalaciones de climatización, producción de agua caliente y electricidad a través de la producción in situ de la energía necesaria para cubrir la demanda. Además, la utilización de los elementos solares como elementos sombreadores influye en el balance térmico del interior del edificio, reduciendo la demanda en refrigeración.

Desde el punto de vista planteado, el proyecto de incorporación de los sistemas solares a los edificios debe hacerse en la fase de diseño preferentemente, con lo que se podría realizar una adecuada integración, pero para la edificación ya construida y que no precise una profunda rehabilitación, la opción de la superposición es más factible.

En el Código Técnico de la Edificación se indican las pérdidas superiores límite que deben cumplir los sistemas debido a su orientación, inclinación o sombreado respecto a los valores obtenidos con orientación e inclinación óptimos y sin sombra alguna. Los resultados se resumen en los tres casos: general, superposición e integración arquitectónica (tabla 22.1).

La distinción que se realiza entre superposición e integración arquitectónica pretende abarcar la mayoría de las posibilidades de disposición de estos sistemas en los edificios, exigiendo más aporte a las instalaciones que sean superpuestas debido a su mayor flexibilidad en la incorporación a la edificación. Dado que la tendencia debe ser la integración máxima en la envolvente del edificio, aún utilizando estructuras superpuestas, se utiliza a lo largo de este capítulo el concepto integración para englobar la inclusión de los sistemas solares activos en los edificios.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla 22.1. Pérdidas límite según Código Técnico de la Edificación

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Introducción

Las condiciones climáticas de las Islas Canarias permiten la utilización generalizada de sistemas activos de energía solar térmica en la edificación. Estos sistemas utilizan dispositivos denominados captadores solares térmicos que absorben la radiación electromagnética procedente del Sol y la convierten en energía térmica, que puede destinarse a la producción de agua caliente sanitaria, al calentamiento de piscinas o a la climatización de espacios (calefacción y/o refrigeración).

Marco Normativo

La entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación (CTE), Real Decreto 314/2006, de 28 de marzo de 2006, ha supuesto un impulso definitivo para la energía solar térmica. Con objeto de contribuir a la reducción del consumo energético en las edificaciones y aplicar criterios de sostenibilidad, el documento Básico HE "Ahorro de energía", sección HE4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria" establece la obligatoriedad de instalar sistemas de energía solar térmica en todos los edificios de nueva construcción y cuando se rehabilitan edificios existentes destinados a cualquier uso, en los que exista demanda de agua caliente sanitaria y/o calentamiento de piscinas cubiertas. El CTE obliga a que los sistemas de energía solar térmica instalados en las Islas Canarias aporten como mínimo el 70% de la demanda energética anual, tanto para la producción del agua caliente sanitaria en las edificaciones como para el calentamiento de piscinas cubiertas.

Posteriormente, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado mediante el Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio de 2007, detalla, entre las condiciones que deben cumplir las instalaciones para el calentamiento de piscinas, tanto cubiertas como dispuestas al aire libre, las siguientes instrucciones técnicas relacionadas con la energía solar:

Instrucción técnica IT1.2.4.6.2 "Contribución solar mínima para el calentamiento de piscinas cubiertas". Especifica que una parte de las necesidades energéticas para el calentamiento de la piscina sea cubierta con una instalación de energía solar. Esta instalación debe cumplir con la exigencia fijada en la sección HE4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria", que indica que la contribución solar mínima debe ser del 70% de la demanda energética anual para el calentamiento de la piscina.

Instrucción técnica IT1.2.4.6.3 "Contribución solar mínima para el calentamiento de piscinas al aire libre". Especifica que el calentamiento sólo es posible con fuentes de energía renovables, como la energía solar, u otras fuentes de energía residuales.

Captadores Solares Térmicos

Los captadores solares térmicos son el verdadero motor de las instalaciones de energía solar térmica. Absorben la radiación solar y la convierten en energía térmica que se transfiere al fluido utilizado como mecanismo de transporte del calor (habitualmente este fluido caloportador es agua). Este calor es posteriormente almacenado hasta que se produce una demanda energética debida a la producción de agua caliente sanitaria, que es la aplicación más extendida, al calentamiento de piscinas y/o a la climatización de espacios (calefacción y/o refrigeración) en el edificio.

Los distintos tipos de captadores solares térmicos que se comercializan se diferencian básicamente en la temperatura de trabajo para la que han sido diseñados. La elección del captador solar apropiado depende por tanto de la utilización final de la instalación solar: agua caliente, calentamiento de piscinas y/o climatización.

Los captadores solares térmicos sin cubierta son habitualmente empleados para el calentamiento de piscinas, ya que esta aplicación requiere temperaturas de trabajo inferiores a 30 °C alcanzables fácilmente por este captador. Son equipos económicos y con absorbedores habitualmente fabricados con materiales orgánicos, plásticos o elastómeros, como caucho, polipropileno, polietileno, etc... En aplicaciones que requieran temperaturas superiores a los 30-35 °C no es aconsejable su utilización debido al elevado nivel de pérdidas térmicas que presentan.

Los captadores solares térmicos de placa plana (figura 22.1) son habitualmente empleados para la producción de ACS. Hacen uso tanto de la radiación solar directa como de la difusa, no precisan dispositivos de seguimiento solar y son mecánicamente simples por lo que no requieren mantenimiento específico. En el mercado es posible encontrar equipos de distintos tamaños, aunque lo habitual es que midan aproximadamente 2 m² (2*1 m) y que su peso varíe entre 40 y 60 kg por unidad. Pueden operar con elevados rendimientos (del 60% al 80%) en instalaciones que no requieren temperaturas superiores a 60 °C, como es el caso de las instalaciones de producción de agua caliente sanitaria.



Figura 22.1. Captadores solares de placa plana de distintos tamaños.

Algunos captadores de placa plana incorporan elementos adicionales que reducen las pérdidas ópticas y térmicas, y mejoran sus prestaciones energéticas pudiendo operar con rendimientos aceptables (50% - 60%) a temperaturas superiores a los 60 °C y hasta los 80 °C.

En el caso particular de las Islas Canarias, resultan captadores solares especialmente idóneos en aplicaciones tales como la calefacción o la refrigeración de espacios, en las que se opera con temperaturas de trabajo en el rango 60 °C – 80 °C. Estos captadores no producen una caída importante del rendimiento energético y tienen las ventajas de un equipo constructivamente simple y robusto.

Algunos de las medidas empleadas para aumentar el rendimiento de los captadores solares de placa plana son:

- **Recubrimiento selectivo del absorbedor:** La superficie externa del absorbedor se recubre con una capa selectiva que actúa como barrera para reducir las pérdidas térmicas debidas a la radiación infrarroja emitida desde el captador, sin producir una disminución importante en la absorción de la radiación solar incidente. Estos tratamientos reducen la radiación infrarroja emitida hasta coeficientes de emisión menores del 10%.
- **Cubiertas:** Para asegurar una elevada transmitancia y durabilidad, muchos equipos utilizan cubiertas de vidrio solar temperado con bajo contenido en hierro. Este material transmite hasta el 90% de la radiación solar incidente. Si se utiliza además un recubrimiento anti-reflectante, la transmisión puede aumentar hasta un 93% - 96%. Algunos equipos se

suministran con una segunda e incluso una tercera cubierta de vidrio con tratamiento anti-reflectante o con láminas de Teflón bajo la cubierta de vidrio.

- En los últimos años han surgido **captadores solares de placa plana de gran superficie**, con superficies de apertura entre 4 m² y 8 m², que reducen sus pérdidas térmicas con respecto a equipos similares de menor tamaño, al tener menor superficie lateral expuesta (en proporción a la superficie de apertura) y reducir las pérdidas térmicas en las interconexiones entre captadores (figura 22.2). Resultan muy interesantes en instalaciones de gran tamaño (de mayor superficie solar instalada).

Los captadores solares de la figura 22.2 tienen una superficie de 7,6 m², tratamiento selectivo y cubierta anti-reflectante. Esta instalación produce frío solar para satisfacer la demanda de aire acondicionado de un módulo de oficinas (aproximadamente 400 m²) del Instituto Tecnológico de Canarias ubicado en la localidad de Pozo Izquierdo (Gran Canaria).

Los **captadores tubulares de vacío** mejoran las prestaciones energéticas de los captadores de placa plana convencionales cuando la temperatura de trabajo de la instalación que se diseña está en el rango de 60 °C - 80 °C (figura 22.3). Si operan a temperaturas inferiores, como las que se requieren para la producción de agua caliente sanitaria, su producción energética podría llegar a ser menor que la de un captador solar de placa plana convencional. La utilización de vacío entre la cubierta y el absorbedor elimina las pérdidas térmicas por convección, lo que hace que sea un equipo especialmente idóneo para su utilización en zonas climáticas especialmente frías con temperaturas ambientales bajas durante todo el año.

Es posible encontrar en el mercado otras tecnologías de captadores solares térmicos capaces de operar con rendimientos adecuados en un rango de temperaturas de 80°C a 150°C y que son habitualmente utilizados para la producción del calor demandado en procesos industriales (no son detallados en este documento debido a que las aplicaciones más interesantes relacionadas con la edificación requieren temperaturas de trabajo inferiores).



Figura 22.2. Captadores solares de placa plana de gran superficie

Se indican en la tabla 22.2 las temperaturas de trabajo y las tecnologías más recomendables en distintas aplicaciones relacionadas con la edificación, aunque en función de las condiciones particulares del proyecto, el proyectista podría optar por otra tecnología de captador solar térmico más conveniente.

Para comparar las prestaciones energéticas de diferentes equipos en función de la temperatura de trabajo en la que van a ser utilizados y conocer la idoneidad de los equipos en cada aplicación desde el punto de vista de la producción energética, el proyectista/diseñador del proyecto dispone de dos recursos:

- La eficiencia instantánea en función del área de absorbedor/apertura
- La potencia producida por unidad de captador

Ambas representaciones gráficas deben ser suministradas por el fabricante del equipo y son evaluadas por laboratorios de ensayo de captadores solares con acreditación oficial para realizar estos ensayos.

Aplicación	Tecnología	Temperatura de trabajo
Calentamiento de piscinas	Captadores sin cubierta	<30 °C
Agua caliente sanitaria	Captadores de placa plana convencionales	45 °C – 55 °C
Refrigeración de espacios (con máquina de absorción de simple efecto)	Captadores de placa plana de alto rendimiento Captadores tubulares de vacío	80 °C – 90 °C
Calefacción	Captadores de placa plana de alto rendimiento Captadores tubulares de vacío	>60 °C

Tabla 22.2. Tecnologías recomendables según temperaturas de trabajo.

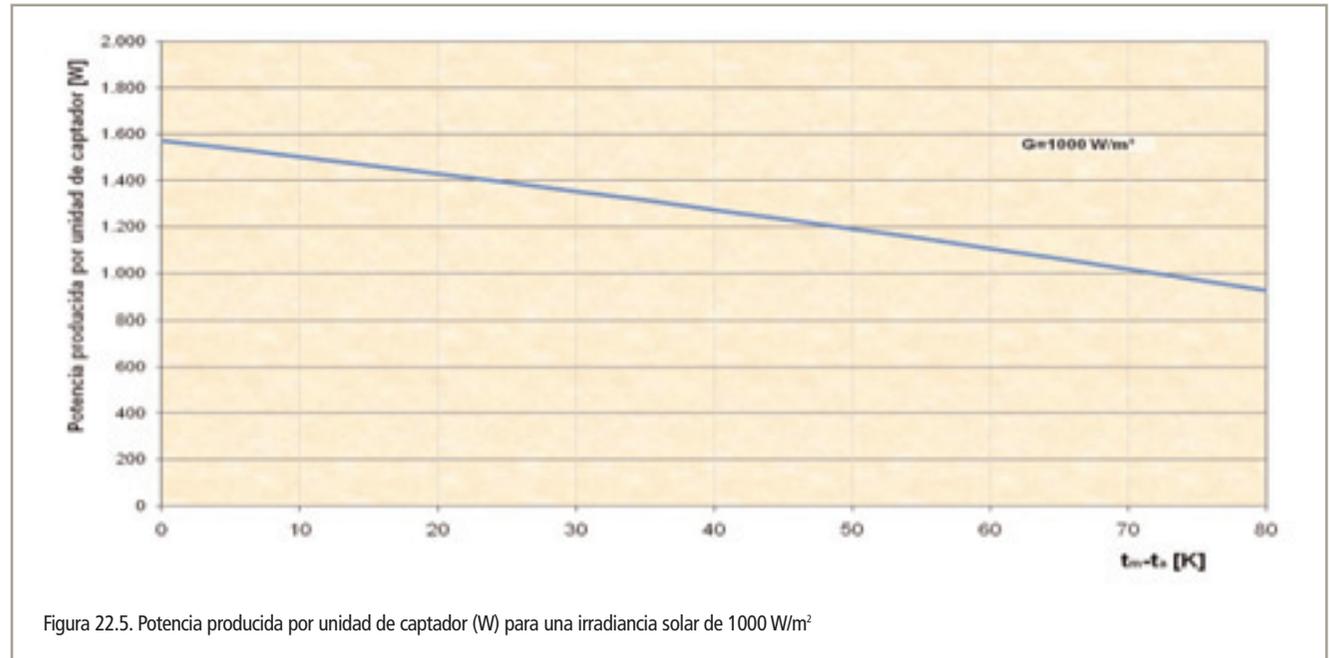
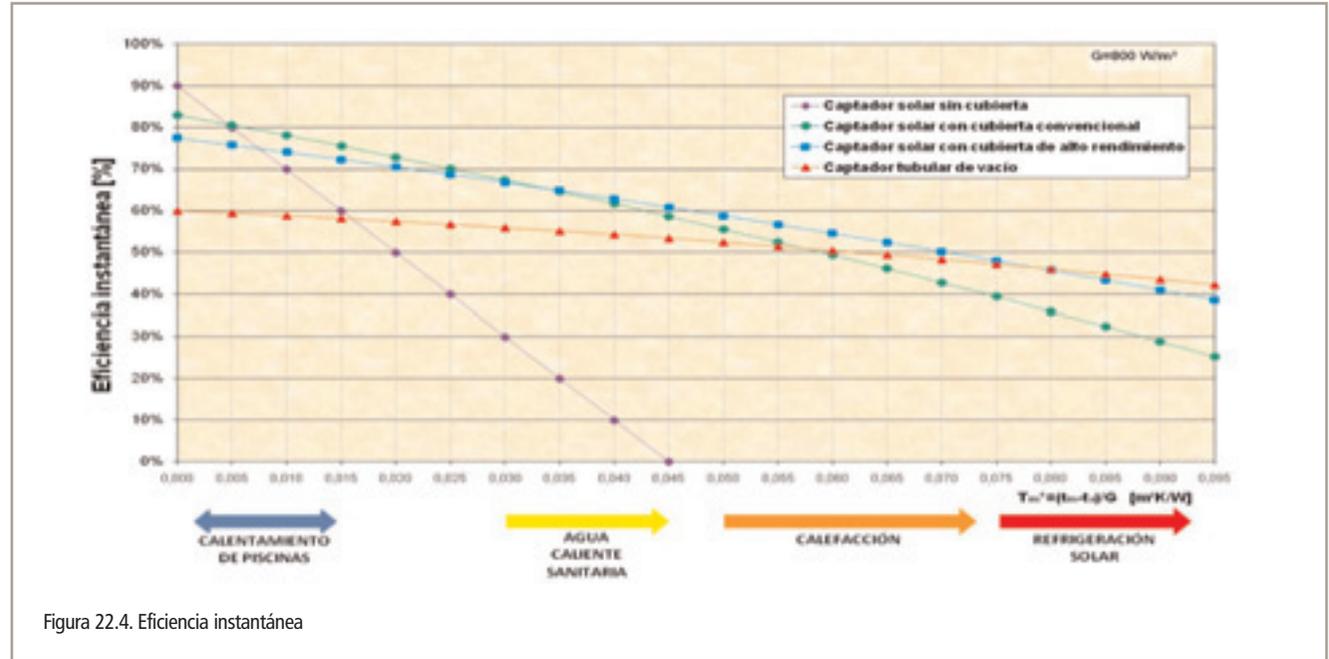
La eficiencia o rendimiento instantáneo de los distintos equipos que se han descrito anteriormente se indica en la figura 22.4.

Donde

G : irradiancia global (potencia instantánea recibida, se mide en W/m^2)

T_m^* : Diferencia entre la temperatura media del fluido de transferencia de calor (t_m) y la temperatura del aire ambiente o circundante (t_a) dividida por la irradiancia global G (se mide en m^2K/W)

Con frecuencia el proyectista/diseñador prefiere utilizar la gráfica de potencia producida por unidad de captador para una irradiancia solar de $1000 W/m^2$, debido a la simplicidad para su comprensión y facilidad al comparar las prestaciones energéticas de distintos equipos. Habitualmente se representa tanto en tablas como en forma gráfica (figura 22.5).



Certificación de captadores solares

El Código Técnico de la Edificación (CTE), exige que los captadores solares utilizados en las edificaciones estén certificados por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, es decir que dispongan de contraseña de certificación o número NPS. Para obtener esta contraseña de certificación se exige al fabricante del equipo, que implante un sistema de gestión de la calidad basado en la norma UNE-EN-ISO 9001 en la planta de fabricación y/o ensamblaje y que el captador solar sea sometido a los ensayos obligatorios que describe la normativa UNE-EN 12975-2 en un laboratorio con acreditación oficial, sin que durante la secuencia de ensayos se produzcan ninguno de los fallos graves descritos en la normativa.

Los ensayos a los que se someten los equipos son una garantía para asegurar la fiabilidad del funcionamiento de los captadores solares a lo largo del tiempo y generar confianza en los usuarios. Se evalúa tanto la durabilidad y fiabilidad del captador solar, ensayos de exposición a la radiación solar, de choque térmico interno, choque térmico externo (figura 22.6), resistencia a alta temperatura, presión interna, penetración de lluvia y carga mecánica positiva y negativa (figura 22.7) como el rendimiento energético del equipo (rendimiento térmico, capacidad térmica efectiva, constante de tiempo y modificador del ángulo de incidencia).

El **Laboratorio de Captadores Solares del Instituto Tecnológico de Canarias (LABSOL)**, perteneciente al Instituto Tecnológico de Canarias, está acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) para realizar todos los ensayos descritos en la normativa UNE-EN 12975-2, www.enac.es/web/enac/acreditados.

El laboratorio está ubicado en la Playa de Pozo Izquierdo, en el Sureste de la isla de Gran Canaria, cercano al mar. Las condiciones de radiación solar que se registran en la zona, con un promedio anual de 5,7 kWh/m² día, permiten realizar ensayos en condiciones estacionarias y al exterior en un corto periodo de tiempo y durante todo el año. Estos condicionantes ambientales determinan una atmósfera altamente corrosiva que permite evidenciar fácilmente la idoneidad de los materiales constructivos utilizados.

Además de la certificación en España (obligatoria), los captadores solares exhiben cada vez con mayor frecuencia otra marca de calidad europea denominada Solar Keymark.

El mercado Solar Keymark aunque de carácter voluntario, se ha convertido en la primera marca reconocida internacionalmente para productos solares térmicos.

Se basa en tres ideas:

- Ensayo inicial de caracterización según las normas UNE-EN 12975 (captadores solares) o UNE-EN 12976 (sistemas prefabricados).
- Sistema de gestión de la calidad implementado en el proceso de fabricación.
- Inspección anual del sistema de gestión de la calidad en la planta de fabricación e inspección bienal del producto por parte de una Entidad Certificadora independiente.

La marca Solar Keymark es ampliamente reconocida en todos los países del entorno europeo, por lo que en la mayoría de ellos, como es el caso de España, implica la obtención de la certificación nacional, y su obtención da acceso a los planes nacionales de incentivos financieros sin necesidad de otros requisitos adicionales.

La marca Solar Keymark proporciona un valor añadido al equipo: la intervención de una Entidad de Certificación independiente garantiza todo el proceso y asegura que el equipo al que accede el usuario final cumple todas las condiciones exigidas de fiabilidad y durabilidad y produce los valores de rendimiento energético previstos durante toda su vida útil (aproximadamente 15-20 años).

Pueden consultarse las características de este marcado en la web www.solarkeymark.org, así como consultar los equipos de energía solar que disponen de este reconocimiento y los laboratorios de ensayo que participan en la red Solar Keymark, de la que es miembro también el laboratorio LABSOL/ITC.



Figura 22.6. Ensayo de choque térmico externo (Laboratorio LABSOL/ITC)



Figura 22.7. Ensayo de carga mecánica positiva (Laboratorio LABSOL/ITC)

Integración arquitectónica

En el proyecto de instalación de energía solar térmica en un edificio debe prevalecer su funcionamiento óptimo, puesto que se realiza una inversión económica importante y se pretende conseguir el máximo aprovechamiento de la radiación solar.

En este sentido el Código establece como orientación óptima el Sur y permite escoger la inclinación óptima en función del periodo de utilización:

- Si la demanda de ACS es constante durante todo el año, la inclinación debe ser de 28°.
- Si se demanda ACS preferentemente en invierno, la inclinación debe ser 38°.
- Si se demanda ACS preferentemente en verano, la inclinación debe ser 18°.

Esta prevalencia del funcionamiento de la instalación debe estar unida a la incorporación estética de sus elementos a la envolvente del edificio, una incorporación que debe lograr una integración adecuada y que, en ocasiones, precisará la utilización de elementos de superposición. Hay que destacar que el Código Técnico de la Edificación considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores solares se realiza paralela a la envolvente del edificio. Si además los captadores constituyen uno de los elementos constructivos propios de la composición arquitectónica se considera que existe integración arquitectónica.

Las características de los captadores solares térmicos (forma, color, dimensiones) han representado una barrera importante para su integración en la edificación, básicamente por razones estéticas.

La mayoría de los proyectos de instalación de energía solar térmica en los edificios se han llevado a cabo mediante la incorporación posterior de los captadores solares térmicos en instalaciones termosifónicas individuales (las más extendidas) así como en instalaciones forzadas. En ambos casos se ha necesitado la utilización de estructuras metálicas para soportar los captadores y proporcionarles la inclinación adecuada, principalmente en las cubiertas. El objetivo de desarrollo actual de estas

instalaciones consiste en la adecuación de este equipamiento y su inclusión dentro de la envolvente del edificio, formando parte de la misma.

Esta idea no se ha desarrollado hasta ahora al mismo nivel que en las instalaciones fotovoltaicas debido a diversos factores relacionados con las características de los elementos: dimensiones de los captadores solares (superficies superiores a 2 metros cuadrados por captador), peso (superior al de un módulo fotovoltaico), e instalación de distribución del fluido caloportador en la entrada y salida de los captadores (adaptación de las tuberías).

El Código Técnico de la Edificación establece límites para las inclinaciones y orientaciones posibles de la instalación, con el fin de evitar excesivas pérdidas que hagan inviable la instalación del sistema.

En la figura 22.8 se indican las combinaciones posibles orientación-inclinación válidas para las opciones general, superposición e integración de los captadores solares térmicos en la envolvente del edificios de acuerdo a los 28°N de latitud de Canarias.

La fase de diseño de la instalación solar térmica no sólo implica la localización e integración del campo de captación en la cubierta o en la fachada, sino que supone el planteamiento y la ubicación de las conexiones hidráulicas así como de los sistemas de acumulación e intercambio. El proyecto de dimensionado de la instalación aportará las características de estos elementos auxiliares (acumulador, tuberías, bomba de circulación, intercambiador, aislamiento, ...), los cuales se deberán ubicar en un espacio habilitado que cumpla con las exigencias de la normativa vigente.

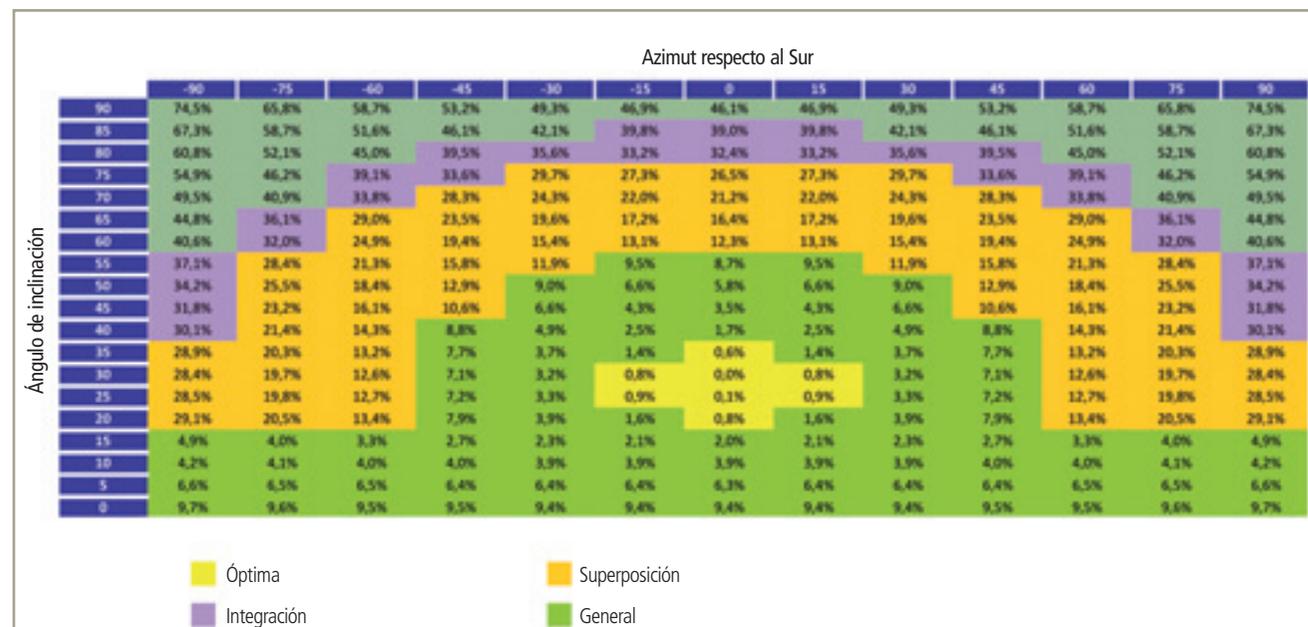


Figura 22.8. Combinaciones posibles orientación-inclinación de instalaciones solares térmicas válidas para las opciones general, superposición e integración para Canarias (28°N)

Integración en fachada

La instalación en fachada de los captadores solares térmicos es poco habitual ya que es una opción que ha de barajarse en los casos en que se precise que la producción de calor sea importante en invierno y no se disponga de superficie en la cubierta para llevar a cabo la totalidad del campo de captación.

En dicha estación, la radiación incide con ángulos bajos puesto que el sol realiza su recorrido diario cercano al horizonte, y los valores de energía incidente son los más desfavorables del año, por lo tanto, esta opción debe ser tomada sólo en los casos reseñados.

Integración en cubiertas

La situación del campo de captación en las cubiertas es la más habitual debido a la existencia en Canarias de cubiertas planas en la mayoría de los edificios.

Entre las ventajas que posee esta ubicación se encuentran la disponibilidad casi total de radiación (zona libre de sombras) así como la adaptación de la instalación a su inclinación óptima de funcionamiento. Otra gran ventaja la supone la posibilidad de optimizar la red de tuberías sobre la cubierta, facilitando las labores de mantenimiento una vez finalizada la instalación. Al contrario, se deben extremar las precauciones en la instalación de los anclajes de manera que no afecten la impermeabilización.

La tabla 22.3 muestra los sistemas habituales de ubicación en fachada y en cubierta.

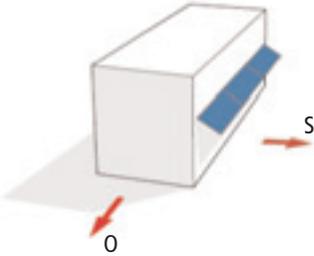
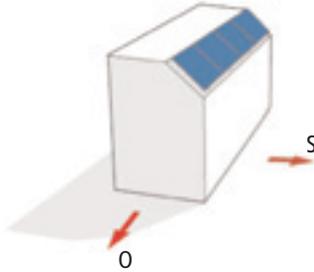
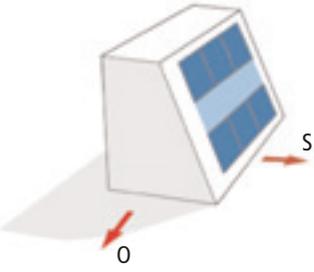
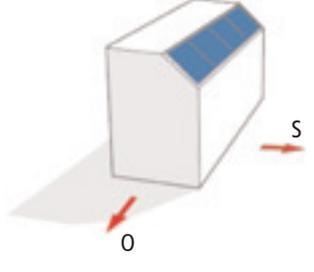
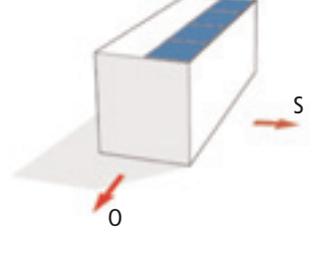
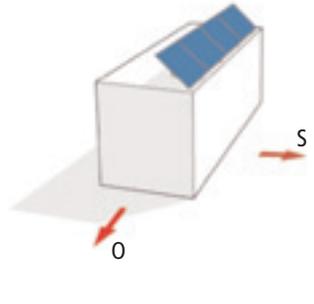
Gráfico	Posición de los captadores	Gráfico	Posición de los captadores
	<p>Muro vertical con módulos inclinados</p> <p>La inclinación de los captadores supone una mayor producción, con lo que se ha de calcular la inclinación idónea con los máximos propuestos por el CTE. Estructuralmente es una solución aceptable debido a la forma rectangular habitual de los captadores.</p>		<p>Cubierta inclinada superpuesta</p> <p>Se adaptan a la cubierta existente mediante estructuras superpuestas. Debe preverse la situación del circuito hidráulico para afectar lo menos posible la impermeabilización de la cubierta.</p>
	<p>Muro inclinado</p> <p>Una inclinación adecuada de la fachada, teniendo en cuenta los límites propuestos por el CTE. Puede ofrecer posibilidades de superposición e incluso de integración.</p>		<p>Cubierta inclinada integrada</p> <p>Sustituyen a los elementos que forman parte de la cubierta, integrándose totalmente. Debe preverse la situación del circuito hidráulico para afectar lo menos posible la impermeabilización de la cubierta.</p>
	<p>Cubierta plana</p> <p>Se trata de un sistema en el que se incorpora paralelamente a la cubierta plana el campo de captación. Se logra una integración óptima pero disminuye el rendimiento en los meses de baja radiación debido a la carencia de inclinación.</p>		<p>Diente de sierra</p> <p>Precisan de estructura sobre la cubierta, con dirección norte-sur, inclinada cada fila unos 30-35°, en el caso de producción todo el año, y con una separación adecuada entre filas para impedir el sombreado de las filas posteriores por parte de las anteriores. Permite la incidencia perpendicular de los rayos solares en los meses más desfavorables.</p>

Tabla 22.3. Sistemas habituales de ubicación de los captadores solares en fachada y cubierta.

Esquemas de diseño de la instalación

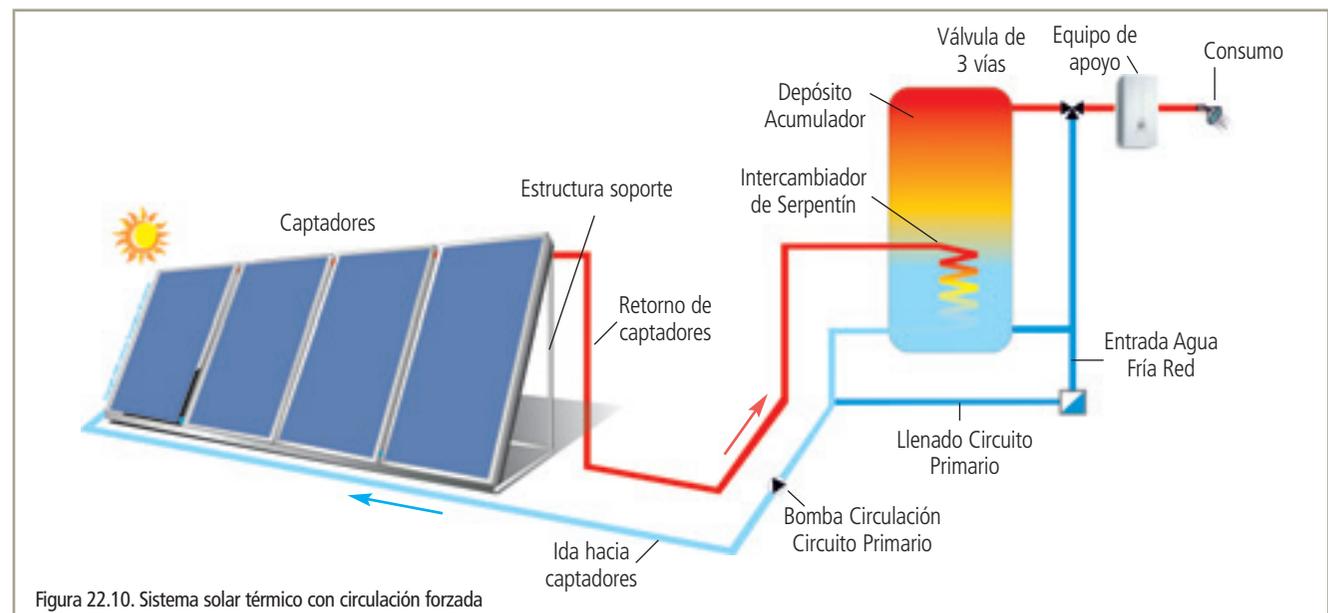
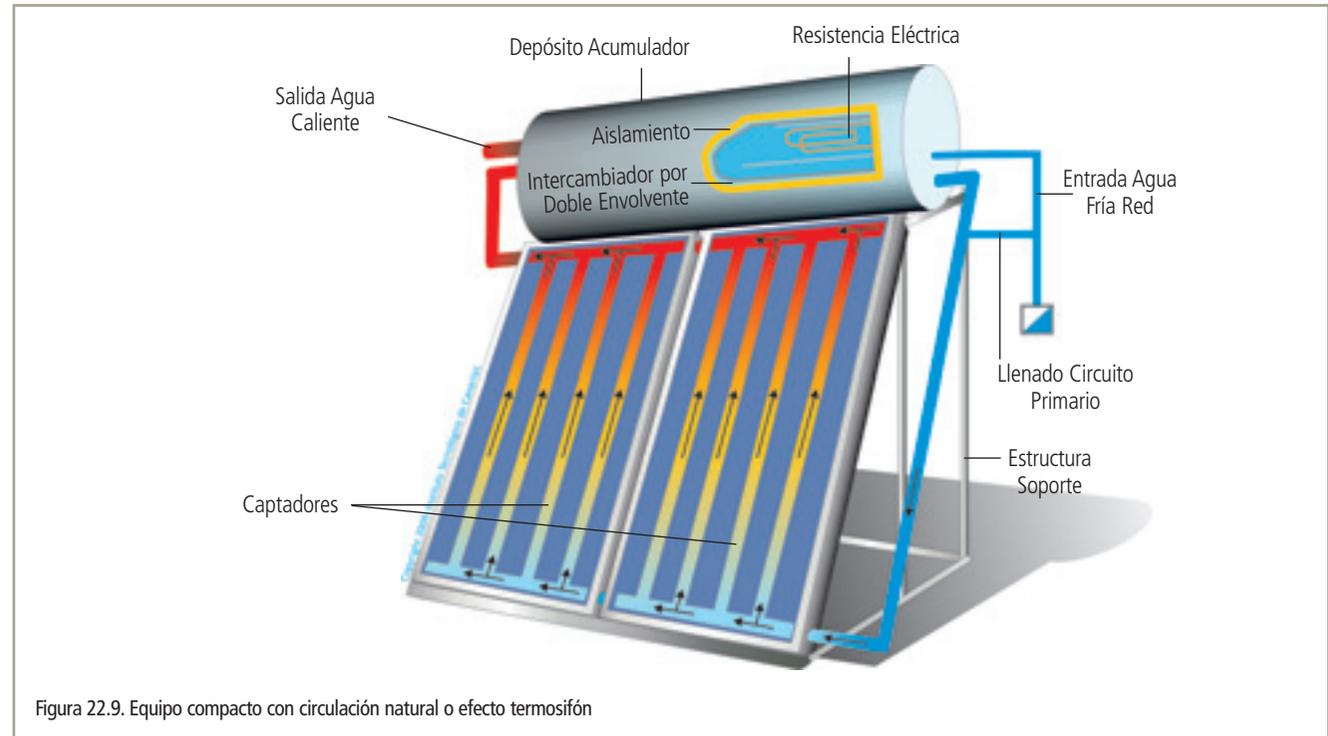
La tipología de la edificación y el uso que se prevé del edificio condicionan el diseño del sistema solar térmico apropiado en cada caso. Se indican a continuación las ventajas y desventajas de algunas de las configuraciones habitualmente utilizadas en edificios residenciales para la producción de agua caliente sanitaria.

Equipo compacto con circulación natural para la producción de agua caliente sanitaria en edificio unifamiliar

Es la solución habitualmente adoptada en edificaciones unifamiliares por su simplicidad en el funcionamiento e instalación del equipo (figura 22.9). El agua contenida en los captadores solares se calienta al incidir sobre ellos la radiación solar, con lo que experimenta una variación de su densidad que empuja el agua caliente hacia la parte superior del captador solar. Este movimiento se denomina circulación natural o efecto termosifón y evita la instalación de una electrobomba de circulación para impulsar el agua a través del circuito. Ésta es una de las principales ventajas de estos sistemas puesto que el mantenimiento que precisan se limita únicamente a la protección del depósito acumulador y la limpieza de los captadores. Para que el efecto termosifón se produzca es necesario que la acumulación de agua caliente esté ubicada a una altura mínima por encima de la conexión de salida de los captadores. Este requerimiento limita en muchos casos una integración arquitectónica adecuada.

Sistema solar térmico con circulación forzada para la producción de agua caliente sanitaria en edificio unifamiliar

Esta configuración hidráulica se utiliza en edificaciones unifamiliares en las que la demanda de agua caliente sanitaria sea elevada o se requiera integrar arquitectónicamente los captadores solares en los elementos de la edificación (figura 22.10). Requiere la instalación de una electrobomba de circulación que se pone en funcionamiento cuando el sistema es capaz de extraer energía del campo solar. El rendimiento energético de esta configuración es superior al del sistema de circulación natural pero las exigencias en cuanto al mantenimiento son mayores y precisa habilitar un espacio adicional para el depósito acumulador.



Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria en edificio multivivienda con circulación forzada, acumulación centralizada y apoyo energético auxiliar centralizado

La centralización de la captación y acumulación solar y de la generación energética auxiliar, permite controlar de forma más precisa las pérdidas térmicas de la instalación (figura 22.11). Por esta razón, esta configuración implícitamente conlleva mayor rendimiento energético.

Para su funcionamiento es imprescindible habilitar espacio en las zonas comunes del edificio con el objetivo de ubicar una sala de máquinas con el/los depósito/s acumulador/es y el generador energético auxiliar. Deben instalarse además, contadores de agua caliente para cada vivienda. La gestión de los consumos individuales (lectura y facturación), así como del mantenimiento técnico de la instalación, es responsabilidad de la comunidad de propietarios del edificio.

Por otra parte, al ser la instalación solar térmica de propiedad común, la seguridad del suministro de agua caliente queda garantizada ya que no existe ningún equipo instalado en el interior de viviendas cuyo funcionamiento afecte al resto de la instalación.

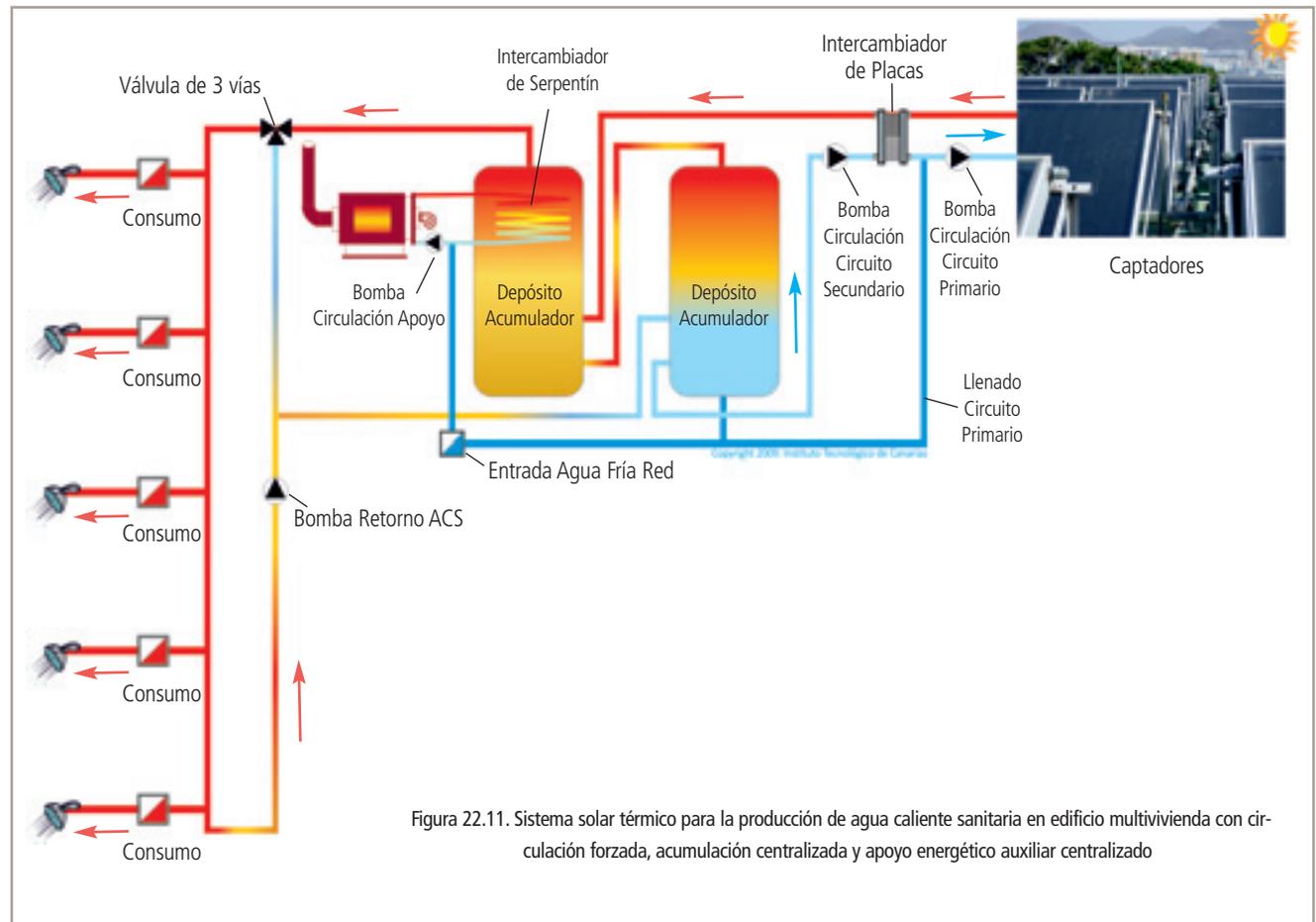


Figura 22.11. Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria en edificio multivivienda con circulación forzada, acumulación centralizada y apoyo energético auxiliar centralizado

Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria en edificio multivivienda con circulación forzada, acumulación centralizada y apoyo energético auxiliar en cada vivienda

Esta configuración hidráulica mantiene como elementos comunes la captación solar y la acumulación pero el apoyo energético auxiliar es individual y está ubicado en cada vivienda (figura 22.12). Al igual que en el caso anterior, es imprescindible reservar espacio en áreas comunes de la edificación para ubicar una sala de maquinas en la que pueda instalarse el/los depósito/s acumulador/es. En el interior de cada vivienda deben instalarse intercambiadores de calor para transferir calor del sistema central a cada vivienda. Como lo que se transfiere a cada vivienda es calor y no un volumen de agua caliente, no es necesario instalar contadores de agua caliente y se elimina la necesidad de gestionar los consumos individuales por vivienda.

El coste del mantenimiento técnico que debe asumir la comunidad de vecinos es menor que en el caso anterior al reducir los equipos comunes para toda la instalación (sólo el campo de captadores solares).

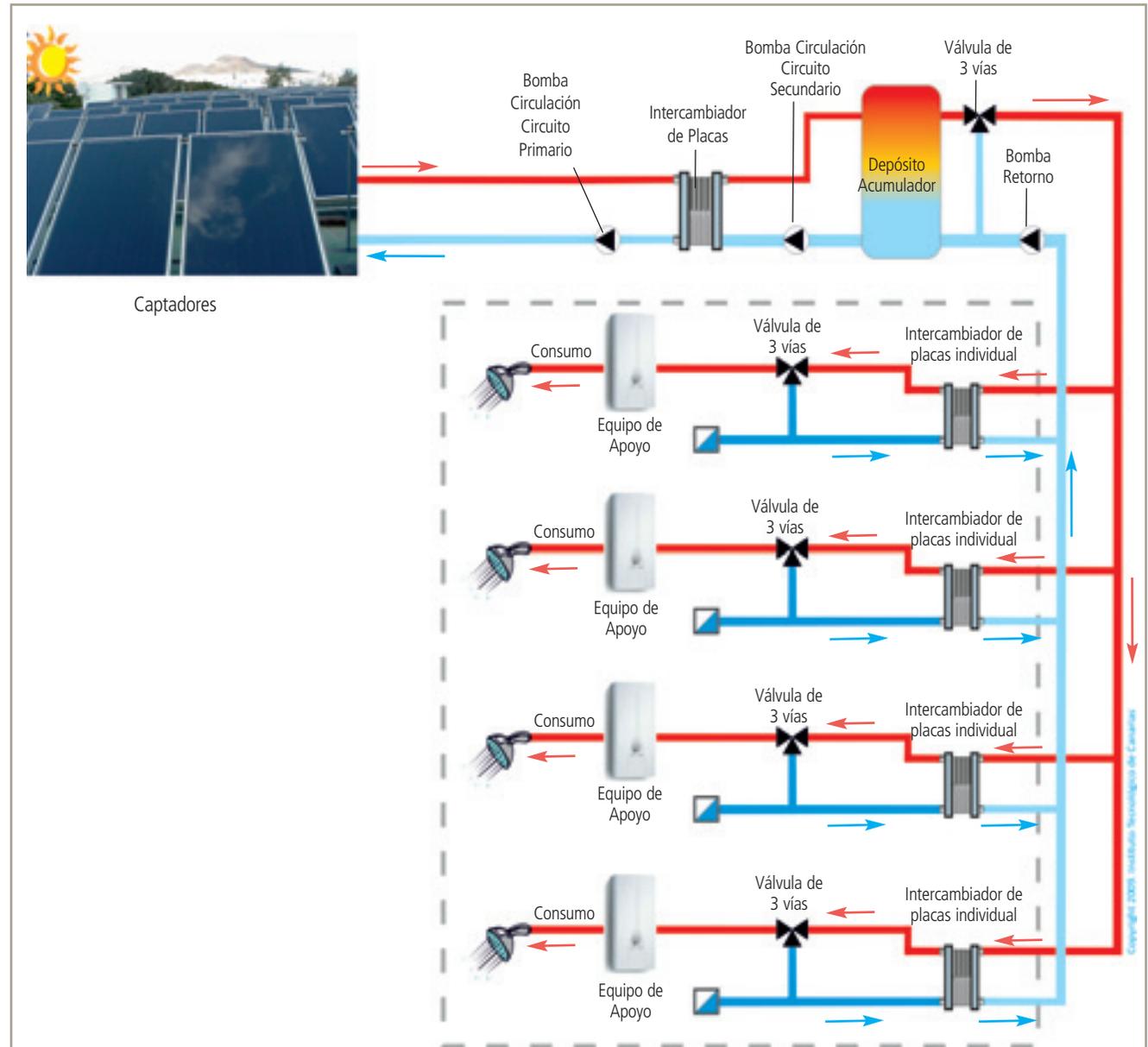


Figura 22.12. Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria en edificio multivivienda con circulación forzada, acumulación centralizada y apoyo energético auxiliar en cada vivienda

Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria en edificio multivivienda con circulación forzada, acumulación centralizada y apoyo energético auxiliar en cada vivienda

Con esta configuración no es necesario reservar espacio en las áreas comunes del edificio para la ubicación de depósito/s acumulador/es y del apoyo energético convencional, ya que en cada vivienda se instala un generador auxiliar y un depósito acumulador de agua caliente (unos 80 l) de forma que la suma de los distintos volúmenes individuales de cada vivienda cumpla los requisitos establecidos en el Código Técnico de la Edificación (figura 22.13). En este caso, solamente los captadores solares son elementos comunes, lo que redundará en un menor mantenimiento de la instalación solar. Es importante destacar que no está permitida la conexión de un sistema de generación auxiliar en la acumulación solar, por lo que el apoyo energético convencional debe ubicarse a continuación (no es posible la utilización de resistencias eléctricas inmersas en el depósito).

Otras ventajas son la eliminación de los tratamientos de legionella y la reducción del impacto visual al reducirse el equipamiento común a instalar (se evita la colocación de la sala de máquinas en la cubierta si no se dispone de espacio en el interior del edificio).

Esta distribución, además, elimina la necesidad de instalar contadores térmicos en cada vivienda y de gestionar los consumos individuales. Todas las viviendas se benefician de la instalación solar y reducen su factura energética pero tienen un depósito y un generador auxiliar propios, por lo que el coste del mantenimiento de la instalación común (reducida al campo de captadores solares) se minimiza. Sin embargo, con esta configuración disminuye el rendimiento energético del sistema debido a las pérdidas térmicas en toda la instalación originadas por la descentralización de la acumulación.

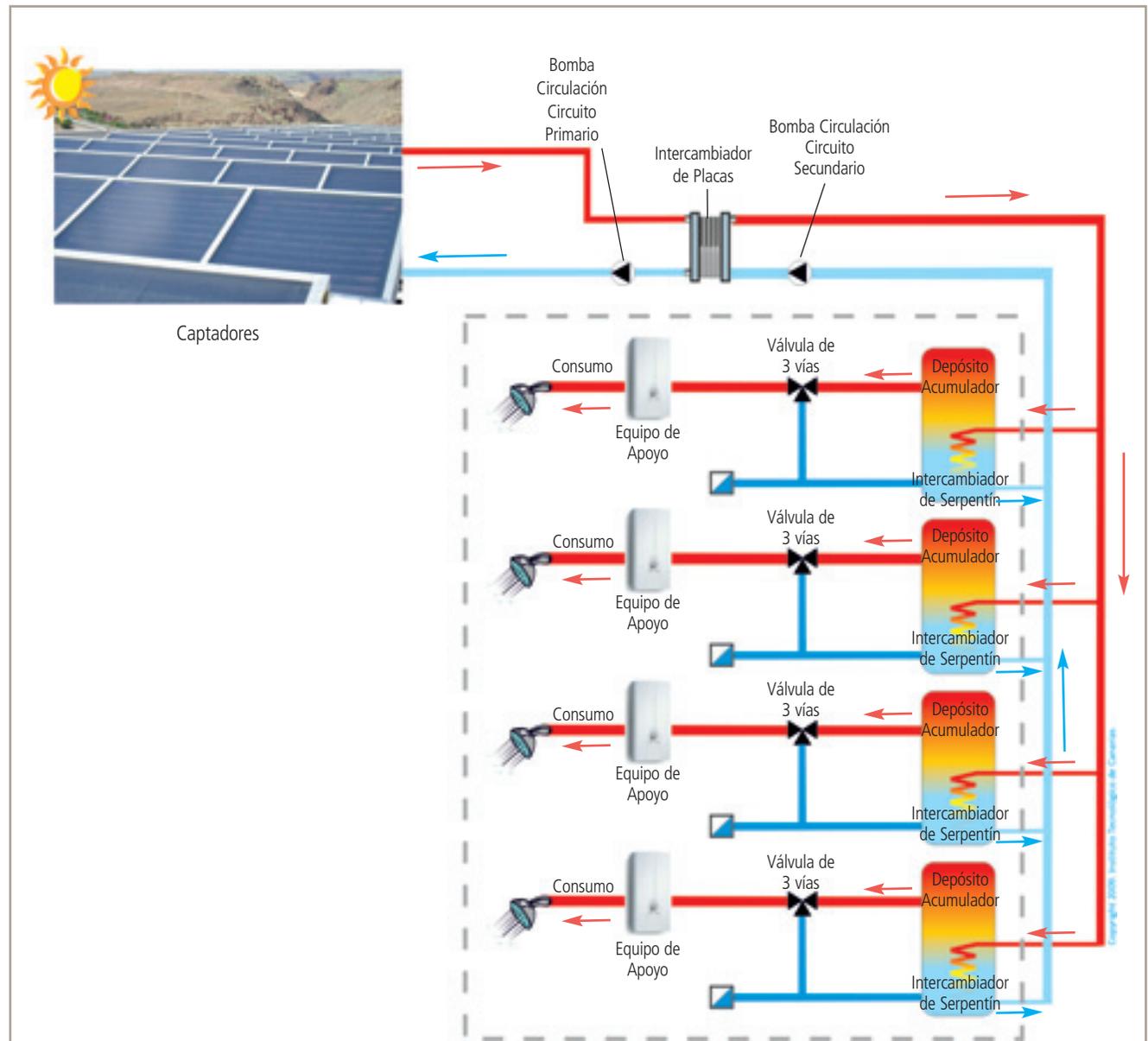


Figura 22.13. Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria en edificio multivivienda con circulación forzada, acumulación descentralizada y apoyo energético auxiliar en cada vivienda

Otros datos de interés

La decisión a tomar sobre la idoneidad de cada tipología de instalación debe tomarse en base a las necesidades de agua caliente sanitaria (ACS), al espacio disponible en el edificio y a la distribución prevista de los consumos.

EL Código Técnico de la Edificación estipula las demandas de referencia en función de la tipología de la edificación (viviendas unifamiliares o multifamiliares), para una temperatura de utilización de 60°C. Para el diseño de instalaciones de energía solar destinadas al abastecimiento del agua caliente sanitaria, es conveniente utilizar la demanda de referencia correspondiente para una temperatura de trabajo de 45°C, que es la adecuada para esta aplicación (tabla 22.4).

Las condiciones climáticas de las Islas Canarias permiten que en la mayoría del territorio insular, esta demanda por persona y día pueda ser producida con una superficie de aproximadamente 0,6 m² de captadores solares térmicos convencionales.

Para el supuesto de ACS, en la tabla 22.5 se muestran algunos datos estimados de interés, entre los que se encuentra el coste aproximado por m² para una instalación completa. Estos costes deberán disminuirán anualmente debido al progresivo ajuste del mercado.

Criterio de demanda	Litros ACS/persona y día a 60°C	Litros ACS/persona y día a 45°C
Viviendas unifamiliares	30	45
Viviendas multifamiliares	22	32

Tabla 22.4. Criterios de demanda para diferentes tipologías de edificación (CTE)

	Aplicaciones	Coste por m ² (instalación completa)	Tiempo de instalación
termosifón	Instalaciones domésticas individuales	650 €	1-2 días
forzada	Instalaciones comunitarias producción de ACS	700 - 750 €	Pequeña (<10 m ²): 4 días Mediana (<40 m ²): 8 días Grande (> 40 m ²): más de 8 días
	Instalaciones de ACS y calefacción mediante suelo radiante		
	Climatización de piscinas (no precisa acumulación)		
	Instalaciones industriales		
	Instalaciones de climatización por absorción		

Tabla 22.5. Aplicaciones, coste por m² y tiempo de instalación para diferentes sistemas de energía solar térmica

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Introducción

La necesidad de implementar tecnologías de producción de energía no consumidoras de combustibles fósiles, así como el avance que se está realizando en generación distribuida ha situado la energía solar fotovoltaica como una de las formas de producción energética de mayor implantación en los últimos años y con un futuro de consolidación.

El principal objetivo de una instalación fotovoltaica es la producción de electricidad. Al contrario que una instalación solar térmica, que permite sustituir la producción de agua caliente sanitaria mediante electricidad o combustibles fósiles por una producción mediante el calor aportado por la radiación solar, la instalación solar fotovoltaica supone un sistema activo mediante el que se puede obtener ingresos económicos por la venta de la energía gracias a un sistema de primas a la producción o bien se puede consumir directamente, sin acumulación, la electricidad generada.

La tecnología existente en energía solar fotovoltaica ha experimentado un avance espectacular en los últimos años. Las instalaciones fotovoltaicas realizadas en edificios han asumido la tecnología existente para instalaciones de suelo, pero estas nuevas líneas de aplicación han abierto nuevas líneas de producción: se ha empezado a desarrollar una industria de fabricación de productos para la integración arquitectónica que ofrece amplias perspectivas y un elevado grado de fiabilidad y flexibilidad. Tras muchos años en los que el interés por el desarrollo de tecnología fotovoltaica aplicada a la edificación fue bajo, las necesidades de disminuir la dependencia de combustibles fósiles y el giro hacia la construcción de edificios eficientes, ha propiciado el acercamiento del sector de la construcción a la energía solar. De esta forma, la industria de la energía solar está ofreciendo soluciones constructivas que son creativas, adaptables a cualquier tipología de edificio y que, finalmente y sobre todo, funcionan. Con esto, un edificio que disponga de espacio libre y soporte estructural para la instalación de un sistema solar fotovoltaico abre una posibilidad de un alto valor añadido: **emplear un espacio útil para producir energía útil.**

En Canarias, donde la densidad de población es muy alta y el porcentaje de territorio sometido a algún tipo de protección es grande (más del 40% del territorio canario posee algún grado de protección), cobra especial importancia el hecho de que la generación eléctrica se pueda llevar a cabo aprovechando los tejados, azoteas o fachadas de edificios de zonas ya urbanizadas, sin que haya que buscar superficies adicionales en suelos para la producción de energía. Esta posibilidad se ve respaldada con la distinción tarifaria que hace el Real Decreto 1578/2008, sobre la producción en suelo o en tejado, lo que promoverá el uso lógico de estos soportes para las próximas instalaciones fotovoltaicas.

La inversión a realizar en este tipo de instalaciones descien- de cada año debido a la mayor demanda y producción del prin-



Figura 22.14. Instalación fotovoltaica del Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología (Gran Canaria)

cipal elemento de la instalación: el módulo fotovoltaico. Aún así, sigue siendo una inversión importante con lo que se ha de fijar especial atención a la calidad del mismo y verificar que los módulos propuestos cumplan los siguientes requisitos:

- Normativa EN 61215 para módulos de silicio cristalino y la EN 61646 para módulos de lámina delgada. En España existe un laboratorio acreditado por ENAC para realizar estos ensayos, el CENER. Los fabricantes de módulos que realicen los ensayos tienen dos opciones de certificación:
 - o Calificación del prototipo: Las muestras son enviadas por el fabricante sin necesidad de justificar un sistema de calidad en el proceso de fabricación.
 - o Calificación de la producción: Los módulos se selecciona al azar una entidad externa verifica la existencia de un sistema de calidad implantado en la fábrica
 - o Esta normativa comprueba la fiabilidad y durabilidad de los módulos
- Normativa EN 61730: cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos. Esta normativa es más importante si los módulos se integran en edificios.

Una vez ejecutada la instalación, se recomienda la realización de medidas de la potencia pico del generador fotovoltaico y de la capacidad productiva de la misma, comprobando que se cumplen las previsiones en potencia y energía respectivamente proyectadas y contratadas.

Instalaciones fotovoltaicas en edificios

La simple idea de incluir en el diseño de un nuevo edificio una instalación fotovoltaica puede influir en las características que ha de tener el mismo para presentar una óptima utilización del sistema. Si en el proyecto de construcción se implantan medidas de arquitectura bioclimática para construir un edificio energéticamente eficiente, éstas no son en absoluto opuestas a la utilización de energía solar fotovoltaica, ni a la adaptación del edificio para lograr el máximo aprovechamiento de la radiación solar: ambas pueden y deben ir unidas. De esta manera, se ha de tener en cuenta que se puede amoldar la orientación, la forma,

el diseño, etc. para lograr un edificio energéticamente eficiente sin obviar la posibilidad que ofrecen los materiales fotovoltaicos en cuanto a la apariencia y estética.

Entre las razones que pueden llevar a la instalación de energía solar fotovoltaica se encuentran:

- desde el punto de vista funcional, la sustitución o minimización del consumo eléctrico proveniente del exterior y la disminución de costes de construcción teniendo en cuenta que para algunos materiales exteriores de calidad, su coste de instalación excede al de la misma solución pero con módulos fotovoltaicos.
- desde el punto de vista medioambiental, la contribución del edificio a la producción de energías limpias.
- desde el punto de vista constructivo, la unión de un proyecto de ingeniería con un diseño arquitectónico innovador que permita que el edificio sea único y estéticamente valorado.
- desde el punto de vista social, la demostración de que es posible llevar a cabo edificaciones con un consumo mínimo de energía y la ventaja de posicionarse socialmente como un edificio medioambientalmente responsable.

TIPO DE USO	LIMITE DE APLICACIÓN
Hipermercado	5000 m ² construidos
Multitiendas y centros de ocio	3000 m ² construidos
Nave de almacenamiento	10000 m ² construidos
Administrativos	4000 m ² construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10000 m ² construidos

Tabla 22.6. Obligación de instalación de instalaciones solares fotovoltaicas según CTE

Es ideal tomar las decisiones para la instalación de energía solar fotovoltaica en el momento del diseño del edificio para minimizar sus costes. Aún así, es posible adaptar estos sistemas a edificios ya construidos.

En ambos casos (nueva construcción o edificios existentes), la instalación fotovoltaica puede permitir el autoconsumo o la inyección en red de la producción eléctrica. En ningún caso se permite el vertido a red del excedente no consumido en uso propio (como sí lo puede hacer la eólica de autoconsumo). Actualmente, sólo para determinados casos que recoge el Código Técnico de la Edificación es posible el autoconsumo. Según el CTE es obligatorio instalar instalaciones fotovoltaicas a aquellos edificios que superen las dimensiones establecidas en la tabla 22.9, quedando exentos de cumplir esta norma determinados casos.

Estas instalaciones podrán consumir directamente la electricidad generada o verterla a red, recibiendo ingresos económicos por dicha venta. La posibilidad de autoconsumo para esta tipología de edificaciones tiene como objetivo el fomento de las instalaciones fotovoltaicas en edificios que disponen de centros de transformación propios y que compra energía en media tensión. Aún así, y aunque no se vierta la producción en la red eléctrica, estas instalaciones están acogidas a las condiciones técnicas que establecen los decretos en vigor (RD 1578/2008, ...) y no es preciso su inscripción en el Registro de Empresas productoras de energía en régimen especial. En cualquiera de los dos casos, se producirá un beneficio económico considerable mediante una actividad que no interfiere en las funciones habituales del edificio.

Es habitual que en las instalaciones fotovoltaicas se instale más potencia en los módulos (potencia pico o potencia instalada) que la que se obtiene a la salida del inversor para consumo o para vender a la red (potencia nominal). Este sobredimensionamiento compensa las pérdidas en el sistema y permite obtener la potencia nominal a la salida del inversor:

- La **potencia pico** de la instalación (kW_p) se obtiene sumando la potencia individual de los módulos que forman parte del sistema. Para cada modelo de módulo se habrá determi-

nado previamente la potencia pico del mismo bajo condiciones estándar, 25 °C y 1000 W/m², lo que vendrá reflejado en las características eléctricas del módulo indicadas en la etiqueta trasera. En la realidad, las condiciones estándar se alcanzan en algunos días de invierno con el cielo totalmente despejado (gran radiación y temperatura de la superficie de los paneles no demasiado alta), con lo que los módulos están trabajando la mayoría del tiempo a una potencia menor que la potencia pico.

- La potencia nominal de la instalación (kW) es la potencia máxima administrativa que sería capaz de generar y coincide normalmente con la del inversor o inversores que inyectan la electricidad generada en la red, dato que proporciona el fabricante de los equipos. El inversor instalado restringe la potencia máxima del sistema a la potencia de salida del mismo (potencia nominal) y es la que realmente consta como potencia de la instalación en términos administrativos.

En la figura 22.15 se muestra el esquema unifilar para una instalación fotovoltaica conectada a red en baja tensión y en el que se incluyen los elementos que la constituyen.

Desde el 29 de septiembre de 2008, el Real Decreto 1578/2008 rige el marco económico aplicable a las instalaciones fotovoltaicas con conexión a red. En él se establece una distinción entre instalaciones integradas en edificios (variando entre 0,34 €/kWh para potencias inferiores o iguales a 20 kW_p, y 0,32 €/kWh para las mayores de 20 kW_p ó 10 MW según los casos) y las instaladas en suelo (0,32 €/kWh), quedando sujetas estas tarifas a actualizaciones periódicas. El plazo de retribución para cada instalación es de 25 años. Este Real Decreto 1578/2008 se actualizará o transformará en otra norma, probablemente, con la trasposición de la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, con el nuevo Plan de Energías Renovables 2011-2020 y con la aprobación de la Ley de Energías Renovables, de la que se presentará un anteproyecto de Ley en el segundo trimestre de 2010, dentro de la Estrategia de Economía Sostenible.

La tendencia que seguirá el ajuste del mercado puede tener su máxima expresión en el momento en que se alcance la "pari-

Tecnología	Material	Superficie requerida para 1 kW _p de potencia	Imagen
Estándar	Silicio monocristalino	6 - 9 m ²	
	Silicio policristalino	7,5 - 10 m ²	
Capa delgada	Cobre Indio Diselenio (CuInSe/CIS)	9 - 11 m ²	
	Teluro de Cadmio (CdTe)	12 - 17 m ²	
	Silicio amorfo	14 - 20 m ²	

Tabla 22.7. Tecnologías fotovoltaicas para utilización en edificios.

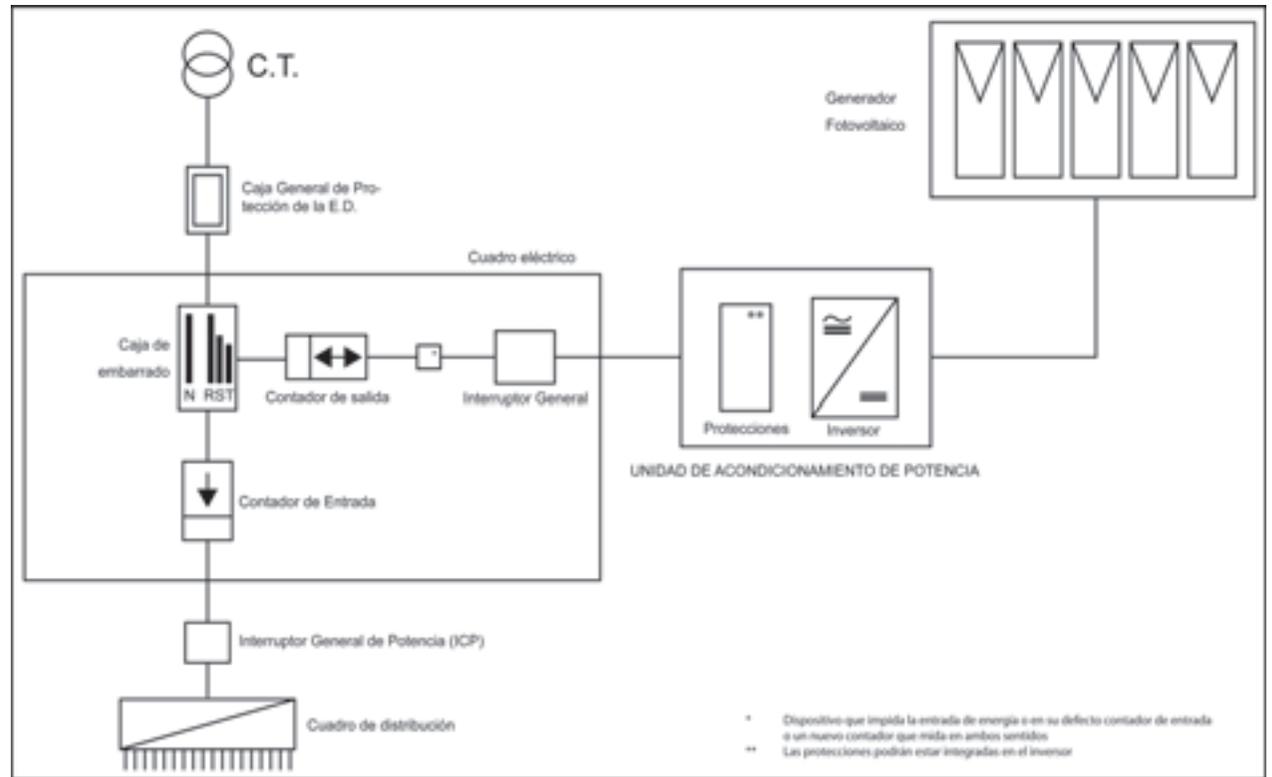


Figura 22.15. Esquema unifilar de una instalación fotovoltaica conectada a red en baja tensión

dad de red”, en el que el coste del kWh fotovoltaico producido sea igual al coste del kWh convencional consumido, con lo que desaparecerán las primas por producción para las instalaciones dadas de alta a partir de ese momento y será ventajosa la instalación de energía solar fotovoltaica sin acumulación para consumo propio.

Integración arquitectónica

Los sistemas fotovoltaicos integrados suponen un enorme potencial en el diseño de las edificaciones, siendo primordial tener en cuenta su implantación en esta fase para adaptarlo perfectamente en la estructura del edificio y poder utilizarlo como un elemento constructivo más. En este sentido, un sistema fotovoltaico integrado debe realizar las mismas funciones que los elementos que sustituye, con lo que tendrá que ofrecer iguales prestaciones:

- Apariencia
- Estanqueidad y protección contra los agentes atmosféricos
- Soporte de la carga producida por el viento
- Ciclo de vida de los materiales y riesgos/consecuencias de fallos
- Seguridad (construcción, fuego, eléctrica, etc.)
- Coste

La investigación y el desarrollo de nuevos materiales capaces de generar electricidad a partir del efecto fotovoltaico ha producido una evolución en el diseño de módulos fotovoltaicos para permitir y facilitar su integración o su función constructiva en fachadas o tejados, es decir, han pasado de ser unos simples equipos de producción de energía, a ser un elemento constructivo capaz de sustituir elementos tradicionales.

La mayoría de la producción de material fotovoltaico actual se basa en el polisilicio, un material del que se conoce su aceptable rendimiento y que, al utilizarse para la industria electrónica, ha permitido su accesibilidad (en el 2008 la tecnología cristalina estándar alcanzó el 90% del mercado). Sin embargo, la irrupción con porcentajes cada vez mayores de nuevas tecnologías solares (por ejemplo, tecnologías de capa delgada o "thin-film") ha permitido barajar más opciones en la integración de instalaciones fotovoltaicas en los edificios.

En el caso de células basadas en el polisilicio, los fabricantes han producido variantes de tonos, colores, formas de células y módulos y sistemas de fijación para atender las demandas de los diseñadores (recientemente han aparecido versiones de células de colores variados como oro, verde, rojizo, azul, etc., con reducciones en su eficiencia energética). Para los módulos de capa delgada, su excelente adaptación a soportes flexibles, ha proporcionado a los diseñadores una mayor capacidad de integración, aunque tienen una menor eficiencia y requieren un área mayor para alcanzar la potencia deseada.

En la Tabla 22.7 se muestra la superficie requerida para la instalación de 1 kW de potencia y la apariencia de las diferentes tecnologías utilizables en la edificación.

El Código Técnico de la Edificación establece límites para las inclinaciones y orientaciones posibles de la instalación, con el fin de evitar excesivas pérdidas que hagan inviable la instalación del sistema.

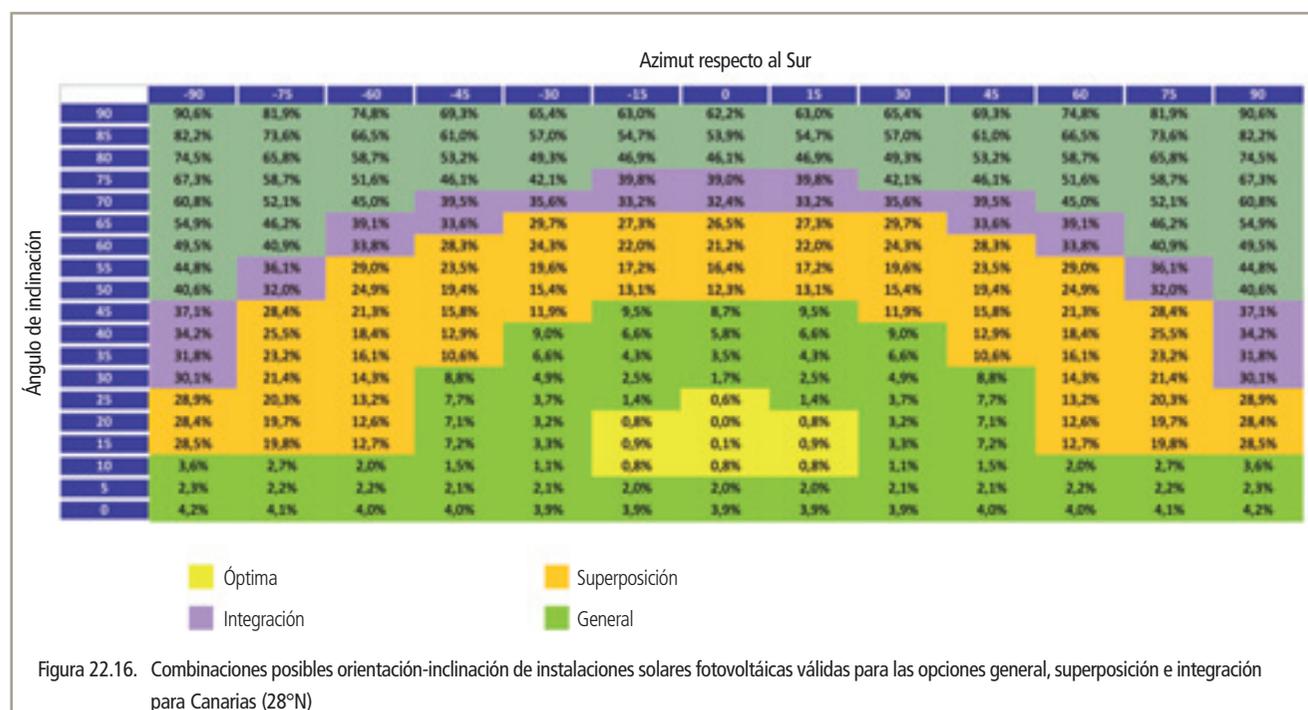
En la figura 22.16 se indican las combinaciones posibles orientación-inclinación válidas para las opciones general, superposición e integración de los módulos fotovoltaicos en la envolvente del edificios de acuerdo a los 28°N de latitud de Canarias.

De manera general, existen dos formas básicas de integrar los sistemas fotovoltaicos en los edificios:

- En fachadas, formando parte de la misma, como elementos sombreadores o filtros solares
- En cubiertas

Integración en fachada

El Código Técnico de la Edificación impone determinados límites para la inclinación y orientación del sistema en los casos de integración y superposición. Con estos valores no es posible situar verticalmente los módulos en la fachada del edificio, con lo que se ha de recurrir a otros sistemas para su ubicación. En estos casos, y complementando la propia producción eléctrica, se puede aprovechar la inclinación de los módulos para el sombreado de superficies susceptibles de provocar sobrecalentamiento o deslumbramiento.



Integración en cubiertas

La situación del campo fotovoltaico en una cubierta es más usual en Canarias, ya que las condiciones son mucho más favorables que en las fachadas. Las ventajas de esta opción de instalación son:

- Suelen estar libre de sombras
- Se puede elegir la inclinación del sistema para lograr el máximo rendimiento
- Es más fácil integrar estéticamente y funcionalmente un sistema fotovoltaico en una cubierta que un muro o fachada.

La principal desventaja de estos sistemas radica en los anclajes sobre la cubierta, que han de realizarse con la máxima precaución para no afectar la impermeabilización de la misma.

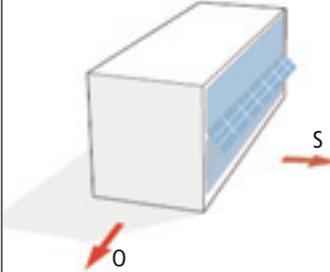
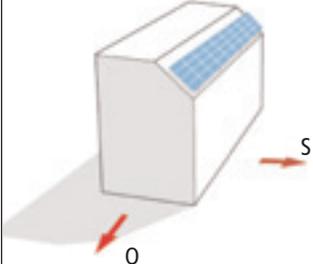
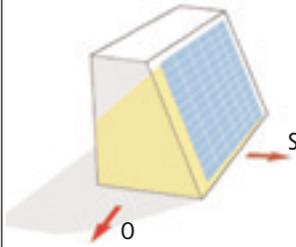
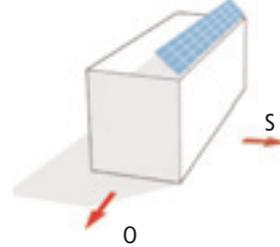
La mayoría de las instalaciones sobre cubierta realizadas en canarias se han situado sobre naves industriales, con unas inclinaciones óptimas de 15-20°, lo que garantiza la máxima producción.

En la tabla 22.8 se muestran algunos sistemas de integración en fachadas y en cubiertas.

Para integrar el campo fotovoltaico en una cubierta hay que tener en cuenta los criterios siguientes:

- Consideraciones estructurales
La sobrecarga debida a un campo fotovoltaico es muy pequeña en relación a las sobrecargas que se tienen en cuenta en los cálculos de las cubiertas. El peso que puede provocar el campo fotovoltaico estará en torno a 30 kg/m² o 222 kg/kWp.
- Sistemas de fijación
Existen algunos sistemas en el mercado que facilitan la fijación de la estructura de soporte de los módulos a la cubierta existente.

En cubiertas planas, con el fin de no perforar la impermeabilización, se utilizan sistemas de fijación por gravedad, situando elementos pesados para estabilizar las hileras de módulos. Tanto si éstas van superpuestas sobre tejados como integradas, hay que prever que tengan una correcta ventilación que impida el estancamiento de aire caliente bajo los módulos. Un excesivo sobrecalentamiento (50 °C) de éstos reducirá fácilmente su eficiencia en un 10%.

Gráfico	Posición de los captadores	Gráfico	Posición de los captadores
	<p>Muro vertical con módulos inclinados en forma de aleros fijos o móviles</p> <p>Se trata de un sistema constructivo complejo en el que se incrementa la eficiencia en la producción fotovoltaica. La inclinación ha de ser estudiada previamente para lograr la mayor producción posible. El sistema de sombreado sobre los huecos permite un mayor control sobre la radiación incidente en el mismo, aunque puede implicar una pérdida de luz diurna. En el caso de ser aleros móviles, la producción de electricidad es mayor y el sombreado más eficiente.</p>		<p>Cubierta inclinada integrada</p> <p>Sustituyen a los elementos que forman parte de la cubierta, integrándose totalmente.</p>
	<p>Muro inclinado</p> <p>La producción eléctrica es mayor que en el caso de un muro vertical. Supone un uso menos eficiente de la planta del edificio. La utilización de módulos translúcidos permite la entrada de radiación solar en el interior del edificio, aportando iluminación natural.</p>		<p>Diente de sierra</p> <p>Precisan de estructura sobre la cubierta, con dirección norte-sur e inclinada cada fila unos 15-20° y con una separación adecuada entre filas para impedir el sombreado de las filas posteriores por las anteriores. Ofrecen elevadas producciones anuales ya que compensan la baja radiación invernal con una excelente radiación en los meses de verano.</p>

Continúa en la siguiente página

Otras posibilidades de integración

Además de fachadas y cubiertas, aparecen otras alternativas para situar el campo fotovoltaico en torno a los edificios sin ocupar nuevos espacios, ejemplos de ellas son las siguientes:

- Construcciones de pasos cubiertos entre edificios (figura 22.17)
- Protección de zonas de aparcamiento de vehículos
- Mobiliario urbano

ASPECTOS IMPORTANTES PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Un buen diseño del emplazamiento del campo solar puede aumentar la producción eléctrica por encima de la media. Además, se pueden tener en cuenta los siguientes aspectos para aumentar la eficiencia.

Control de temperatura

La energía suministrada por un módulo fotovoltaico se reduce a medida que se incrementa su temperatura, es beneficioso favorecer una buena ventilación de los módulos con el fin de reducir al máximo el incremento de temperatura.

En los sistemas superpuestos sobre cubiertas inclinadas, la baja inclinación de las mismas reduce la velocidad de circulación del aire entre la cubierta y los módulos, pero puede potenciarse situando los perfiles de fijación de estos últimos en el sentido de la pendiente y dejando una pequeña separación entre ellos. En los sistemas totalmente integrados en una cubierta inclinada la ventilación es casi imposible, por lo tanto hay que asumir estas pérdidas de eficiencia.

Reflexión solar sobre el campo fotovoltaico

Si se aumenta la intensidad luminosa sobre el campo fotovoltaico, aumentará también la generación eléctrica. Esto es posible conseguirlo situando los módulos fotovoltaicos al lado de una cubierta reflectora o en la base de una fachada pintada de un color claro: parte de la radiación solar que incide sobre estas superficies más o menos reflectantes, será reflejada y se sumará a la que incide de forma directa sobre los módulos.

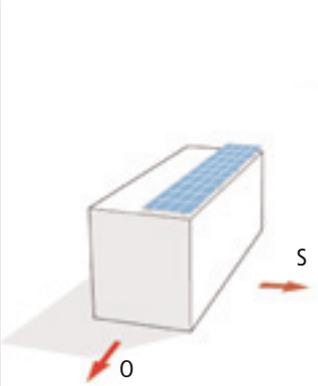
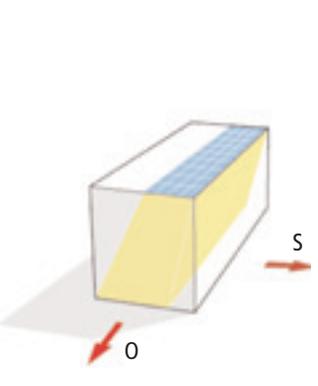
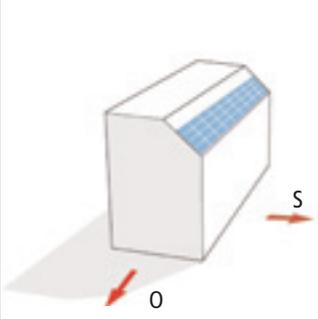
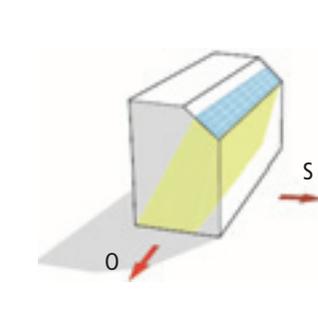
Gráfico	Posición de los captadores	Gráfico	Posición de los captadores
	<p>Cubierta plana</p> <p>Se trata de un sistema en el que se incorpora paralelamente a la cubierta plana el generador fotovoltaico. Se logra una integración óptima pero disminuye la producción debido a la carencia de inclinación. Si el edificio ha de cumplir el CTE, la instalación no ha de ser horizontal con el fin de favorecer la autolimpieza de los módulos.</p>		<p>Atrio-lucernario</p> <p>Permiten el aprovechamiento de la luz diurna en caso de instalar módulos semi-transparentes. Si el edificio ha de cumplir el cte, la instalación no ha de ser horizontal con el fin de favorecer la autolimpieza de los módulos</p>
	<p>Cubierta inclinada superpuesta</p> <p>Se adaptan a la cubierta existente mediante estructuras superpuestas.</p>		

Tabla 22.8. Sistemas habituales de ubicación de los módulos fotovoltaicos en fachada y cubierta.

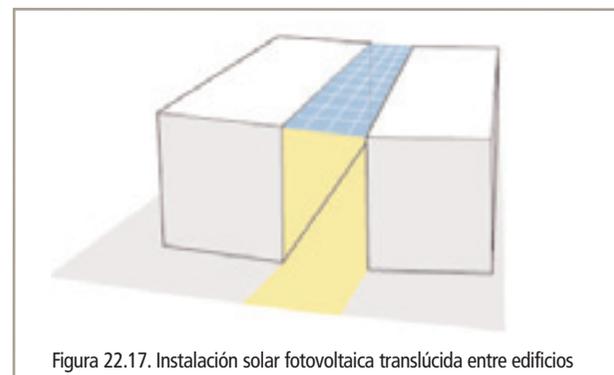


Figura 22.17. Instalación solar fotovoltaica translúcida entre edificios

Sombras

Cuando una célula solar queda en sombra disminuye su producción de corriente ya que tan sólo aprovecha la radiación difusa y no la directa. Pero si a través de una única célula disminuye el flujo de corriente, éste disminuye también a través de todas las células conectadas en serie con ella. Se habla en tal caso del llamado “efecto de pinzamiento de manguera”: si una manguera se pinza en un único punto, por su extremo sale menos agua, siendo éste el efecto análogo a lo que pasaría con la célula que se encuentra en sombra, que “pinzaría” el flujo de corriente. Esto produce en la célula solar una mayor tensión y un aumento de su temperatura, pudiéndose dañar de forma permanente.

El sombreado de una célula tiene efectos directos sobre el rendimiento de la instalación fotovoltaica. La célula solar que recibe menor irradiación determina la potencia total de toda la cadena.

Siempre que sea posible se debe intentar eliminar las sombras del campo solar para lo que existe una herramienta llamada “Indicador de proyección de sombra”. Con él se puede examinar la silueta del paisaje desde el punto de vista del generador fotovoltaico e identificar los inmuebles que proyectan sombras. Por otra parte, hoy en día existe software de cálculo de instalaciones fotovoltaicas, en los que se pueden introducir los inmuebles cercanos a la instalación y nos indican la influencia que tendrán sobre la producción energética de la misma.

Cuando las sombras no puedan evitarse, se puede reducir el efecto del sombreado con una adecuada disposición de los módulos fotovoltaicos y una ajustada elección del tipo de circuito.

Suciedad

La suciedad acumulada sobre la cubierta transparente del módulo reduce el rendimiento del mismo y puede producir efectos de inversión similares a los producidos por sombras. El problema puede llegar a ser serio en el caso de los residuos industriales y los procedentes de las aves. La intensidad del efecto depende de la opacidad del residuo.

Las capas de polvo que reducen la intensidad del sol de forma uniforme no son peligrosas y la reducción de la potencia no suele ser significativa. Aún así, la acumulación de polvo procedente de

fenómenos meteorológicos como la calima o la escasa pluviometría de algunas zonas (que normalmente coinciden con las zonas de mayor radiación), implica aumentar la frecuencia de limpieza, evitando el descenso de la producción. En el caso de los depósitos procedentes de las aves conviene evitarlos instalando pequeñas antenas elásticas en la parte alta del módulo, que impida a éstas posarse. La acción de la lluvia puede en muchos casos reducir al mínimo o eliminar la necesidad de la limpieza de los módulos.

La operación de limpieza debe ser realizada en general por el propio usuario y consiste simplemente en el lavado de los módulos con agua y algún detergente no abrasivo, procurando evitar que el agua se acumule sobre el módulo. No es aceptable en ningún caso utilizar mangueras a presión.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS ASOCIADAS

El esfuerzo principal a la hora de diseñar una instalación fotovoltaica integrada en un edificio lo supone la adaptación óptima a su estructura de manera que la producción eléctrica sea máxima y que cumpla el objetivo de minimizar el consumo eléctrico del edificio (mediante el consumo directo o mediante la retribución por ventas de la electricidad generada). La situación del campo fotovoltaico, su estética y su funcionalidad serán elementos decisivos en el buen resultado de su implantación. Pero la instalación fotovoltaica está constituida por otros elementos tan importantes como el campo de captación (módulos fotovoltaicos) y que tienen una incidencia fundamental en el óptimo funcionamiento de la misma: cableado, inversor, elementos de protección y seguridad y contador.

Aunque estos elementos pertenecen a la parte eléctrica de la instalación, es preciso tenerlos en cuenta a la hora del diseño del edificio, puesto que necesitarán de espacio en el interior o exterior del edificio para ubicarlos.

Cableado exterior

Se puede considerar la incidencia del cableado en la instalación fotovoltaica desde dos puntos de vista: el cableado que une módulos fotovoltaicos e inversor y el cableado que evacúa o conecta la

instalación fotovoltaica con la existente en el edificio o con la red de distribución exterior.

El cableado que une los módulos fotovoltaicos y el inversor suele ser de un grosor adecuado para que pueda circular la corriente continua producida por los módulos. Aunque habitualmente los módulos disponen de cables de unión entre ellos insertados en el propio módulo (se unen según la configuración planificada para lograr el voltaje e intensidad deseados), la unión de las series de módulos al inversor se ha de realizar mediante un cable que suele tener una extensión considerable, con lo que se ha de estudiar la forma en que este tipo de cableado habrá de pasar por la instalación fotovoltaica y por los elementos constructivos necesarios:

- En el caso en que los cables pasen por zonas de elevada temperatura, como pueden ser la parte trasera de los módulos soleados, se habrá de aumentar la sección para evitar la caída de tensión en los mismos.
- Las posibles uniones de cables se deberán realizar en cajas estancas cuando estas uniones se realicen en la parte exterior del edificio.
- Cualquier elemento eléctrico (cables, cajas de unión, etc.) que se sitúe en la fachada o en la cubierta deberá ser accesible a las tareas de mantenimiento de la instalación.
- La longitud de los cables deberá ser la menor posible de manera que no se produzcan caídas de tensión no deseadas y para lograr una reducción de costes.

Estos aspectos deben tenerse en cuenta en el diseño arquitectónico para optimizar el funcionamiento de la instalación.

Inversor/es, cuadro de protección y contadores

En pequeñas instalaciones (< 5 kWp) los equipos eléctricos (inversor/es, cuadro de protección) suelen estar habitualmente situados en compartimentos estancos cercanos a la zona de captación, pero para potencias mayores se precisa, debido a las dimensiones de los inversores, un espacio específico dentro de la edificación que permita el fácil acceso a esta zona y el alojamiento con garantías de los equipos de transformación.

Una buena estimación que se puede tomar para las dimensiones del habitáculo de los inversores puede ser que la superficie sea aproximadamente el 3-5% del área ocupada por la superficie de captación, esto es, por la extensión de los módulos fotovoltaicos.

Es también importante tener en cuenta el control de temperatura para un óptimo funcionamiento en la conversión de corriente continua a alterna. El inversor suele trabajar de manera óptima en un rango de temperaturas entre 1 °C y 40 °C. La importancia de esta temperatura de trabajo radica que en que de no producirse una adecuada ventilación, con el consiguiente enfriamiento de los equipos, las pérdidas en forma de calor pueden ser hasta de un 10% de la potencia nominal del inversor, con la incidencia que tiene este hecho en la producción eléctrica obtenida. Este factor se ve acrecentado en zonas del archipiélago en las que a una excelente radiación solar (lo que conlleva una elevada producción), se ve la existencia de unas temperaturas medias elevadas en verano.

El cuadro de protección eléctrica y los contadores no precisan de una excesiva superficie, aunque debe plantearse con antelación su ubicación dentro de la sala para evitar en lo posible las elevadas longitudes de cableado y un óptimo acceso a la instalación para su mantenimiento, lectura, etc.

Cableado de evacuación

Este cableado es fundamental que esté correctamente dimensionado puesto que es la parte final de la instalación a través de la que se entregará la electricidad producida a la red de distribución o bien se dispondrá de la misma en el edificio. También se precisa que las longitudes sean lo más corta posible.

OTROS DATOS DE INTERÉS

El coste de una instalación fotovoltaica conectada a red se encuentra, a la edición de este manual, entre los 3.500 € - 4.500 € por kilovatio pico instalado, coste que presenta una línea descendente a partir del pasado 2009 y que se prevé siga descendiendo. Estos importes proporcionan un tiempo de retorno de la inversión aproximado de siete años, estimándose un periodo mayor o menor

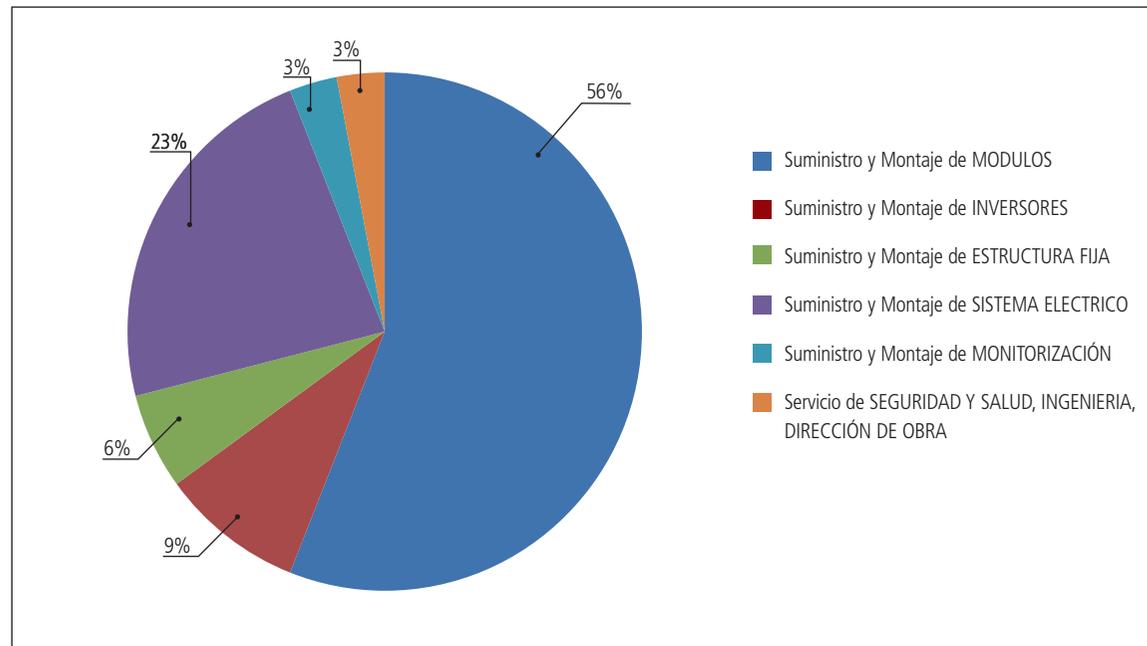


Figura 22.18. Estimación del coste por elemento de una instalación fotovoltaica conectada a red (porcentaje)

Elemento	Coste proporcional para 4 €/Wp
Suministro y Montaje de MODULOS	2,26 €
Suministro y Montaje de INVERSORES	0,36 €
Suministro y Montaje de ESTRUCTURA FIJA	0,26 €
Suministro y Montaje de SISTEMA ELECTRICO	0,92 €
Suministro y Montaje de MONITORIZACIÓN	0,10 €
Servicio de SEGURIDAD Y SALUD, INGENIERIA, DIRECCIÓN DE OBRA	0,10 €

Tabla 22.9. Estimación del coste en euros de los elementos de una instalación fotovoltaica conectada a red con un precio de 4 €/Wp

según la irradiación existente en la ubicación de la instalación y las posibles incidencias en su funcionamiento.

La figura 22.18 muestra una estimación del porcentaje atribuido a cada elemento de una instalación fotovoltaica conectada a red.

Para un precio medio de 4 €/W_p, se puede tener una aproximación del coste de cada uno de los elementos (tabla 22.9)

ENERGÍA MINIEÓLICA

La electricidad producida por la energía eólica supone la mayor contribución de las energías renovables al sistema energético canario. La totalidad de esa producción se realiza en los parques eólicos, formados por aerogeneradores de gran potencia (del orden del megavatio de potencia, o superior), que aportan grandes cantidades de electricidad en instalaciones que se sitúan en las zonas de mayor recurso eólico.

Sin embargo, existe la posibilidad de producir electricidad en los entornos urbanos mediante el aprovechamiento del viento a través de los aerogeneradores de baja potencia, normalmente menores a 100 kW, que se instalan en las cubiertas de los edificios en que las condiciones de viento son aceptables para la producción eólica. Aún así, estas condiciones de generación son más complejas que en zonas abiertas o en las cimas de las montañas, ya que la velocidad del viento es más baja y su flujo más turbulento.

Estas instalaciones eólicas, con una potencia inferior a 100 kW y que trabajan en baja tensión, se denominan minieólicas, y presentan una similitud con las instalaciones solares fotovoltaicas de conexión a red, en las que la energía producida se vuelca en la red eléctrica y se recibe una prima por la producción de cada kWh.

El desarrollo de la minieólica en los edificios es inminente, con la próxima creación de un marco regulatorio específico que active el mercado y que permita el desarrollo de tecnología minieólica fiable con costes competitivos. En esta nueva situación, se establecerá una prima por producción diferente a la aplicada a instalaciones eólicas de gran potencia, lo que favorecerá su instalación. Otros

aspectos que fomentarán la minieólica serán su mínimo mantenimiento, su integración en la red de baja tensión y la minimización del ruido producido en su funcionamiento.

La energía minieólica se convertirá, junto con la energía solar fotovoltaica, en uno de los generadores de energía de un nuevo sistema energético basado en la generación distribuida, modelo descentralizado de producción de electricidad en el que los sistemas generadores son cada vez más pequeños y situados cerca de los centros de consumo. Además, para determinados momentos de máxima producción de renovables y escaso consumo (por ejemplo, horas nocturnas), el excedente se acumulará en dispositivos de almacenamiento. La cercanía a los puntos consumidores implicará la reducción en las pérdidas de transporte y en la transformación, lo que convierte la generación distribuida en uno de los cambios principales que se producirán en la forma de consumir la electricidad en los edificios.

23. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES CONSUMIDORAS DE ENERGÍA

P. Navarro Rivero, R. García Déniz, D. Cabrera Pérez, S. Suárez García, G. Piernavieja Izquierdo

Un adecuado diseño pasivo del edificio y la inclusión de sistemas activos para el aprovechamiento de energías renovables puede significar, en muchas ocasiones, que la demanda energética del edificio sea mínima. Aún así, es necesario un diseño óptimo de las instalaciones interiores, consumidoras de energía, para que esta energía mínima necesaria se utilice en las mejores condiciones. En esta fase posterior a la del diseño del edificio, se debe llegar a una perfecta unión entre el proyecto arquitectónico y el proyecto de instalaciones interiores, con lo que la información ha de fluir para lograr un objeto único: un edificio energéticamente eficiente. Muchas de las decisiones sobre el equipamiento interior la tomarán los propietarios o usuarios del edificio, pero los responsables de su diseño deben ofrecer propuestas lógicas, incluso mejorando la normativa que propone el Código Técnico de la Edificación para este tipo de instalaciones.

En general, el consumo de energía en las viviendas se agrupa en tres grandes segmentos: Agua Caliente Sanitaria, Electrodomésticos e Iluminación. Aunque para la producción de ACS se sigue empleando el termo de gas, la energía consumida en el calentamiento del agua es mayoritariamente electricidad. En estos últimos años y en determinadas zonas se están incrementando las instalaciones de calefacción, ejecutadas la mayoría con combustibles fósiles como butano, propano y gasoil. Asimismo, en verano, y respondiendo a situaciones de climatologías con altas temperaturas, se produce un incremento de las instalaciones de refrigeración con la inclusión de sistemas de aire acondicionado conectados a la red eléctrica de la vivienda.

La distribución del consumo energético en el sector doméstico en Canarias viene representada en la figura 23.1.

El diseño apropiado de las instalaciones de agua (caliente y fría), electricidad, climatización y calefacción es el primer paso para lograr una minimización del consumo energético asociado. Para el caso general de viviendas multifamiliares, estas instalaciones deben ser prioritariamente centralizadas (exceptuando la eléctrica), lo que facilita su control y mantenimiento: muchos de los problemas que conducen al derroche energético provienen de un incorrecto o nulo mantenimiento de las instalaciones, tanto individuales como colectivas. El diseño debe facilitar también la sectorización por tramos o zonas, como paso previo al control y regulación del sistema.

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES SUMINISTRADORAS DE AGUA

El consumo de agua en las viviendas es un eslabón más del ciclo del agua, lo que influye directamente en la importancia de los usuarios en un correcto uso de la misma.

En Canarias, el consumo energético asociado al agua es elevado debido a la cada vez mayor presencia del agua desalada en los hogares, al posterior proceso de depuración final de ciclo y a los bombeos intermedios. Este consumo se puede reducir principalmente con la instalación de equipos eficientes y llevando un correcto mantenimiento para evitar posibles fugas.

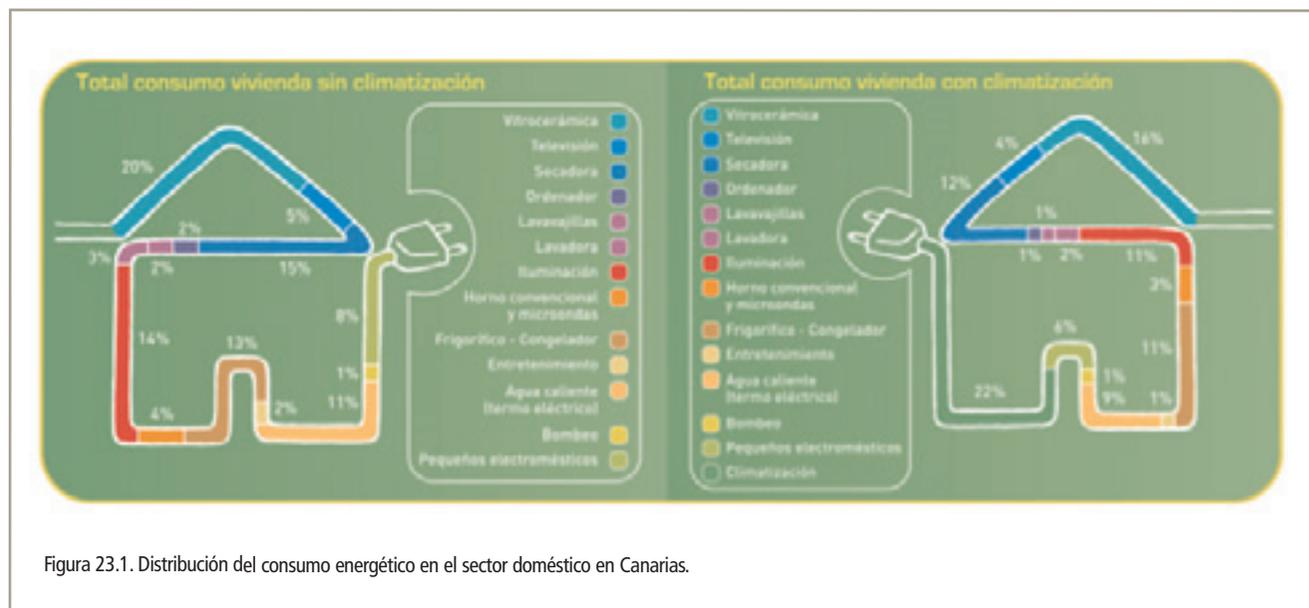


Figura 23.1. Distribución del consumo energético en el sector doméstico en Canarias.

La eficiencia en el consumo de agua se puede alcanzar mediante la instalación de grifería que se ajuste a las necesidades: grifos monomando, grifos temporizados o con sensor de presencia en edificios colectivos, fluxores para inodoros, grifería termostática para agua caliente, aireadores, dobles pulsadores de descarga en cisternas, etc.

En cuanto a la producción de agua caliente sanitaria, la instalación obligatoria de captadores solares térmicos según el Código Técnico de la Edificación minimiza el consumo en calentamiento por electricidad o combustible. Paralelamente, y en el diseño de la instalación, se debe llevar a cabo el correcto aislamiento térmico de las tuberías así como disponer de una recirculación o retorno del agua caliente para tenerla en cabecera de grifo sin tener que desechar agua fría.

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EQUIPAMIENTO DOMÉSTICO

Aproximadamente un 30% del consumo eléctrico en Canarias se destina al uso doméstico. El potencial de ahorro para este sector es importante, sobre todo, debido a la presencia cada vez mayor de equipamiento de alta eficiencia, propiciado por diferentes Directivas Europeas que regulan el Etiquetado Energético en los equipos domésticos.

Electrodomésticos de Gama Blanca

El nivel de equipamiento doméstico es cada vez mayor, relacionado directamente con el grado de confort alcanzado en las viviendas canarias. En porcentajes, frigorífico y lavadora alcanzan casi el 100% de implantación, teniendo una presencia progresiva el lavavajillas, la vitrocerámica y la secadora. Si bien el consumo energético del frigorífico es alto debido a su largo período de funcionamiento, el resto de equipamiento doméstico hace uso de procesos térmicos: la lavadora y el lavavajillas calientan el agua y la secadora hace uso del aire caliente para el secado. A esto hay que añadir otro tipo de equipamiento como la vitrocerámica, horno y horno microondas, imprescindibles para la cocción pero con potencias asociadas altas.

Será importante disponer de toda la información relacionada con el consumo energético de los aparatos en el momento de elegirlos, además de aplicar unas buenas prácticas en su uso. Así, la etiqueta energética puede ayudar a elegir los electrodomésticos que contribuirán a ahorrar durante su funcionamiento. Básicamente, esta etiqueta pretende mostrar al consumidor la diferencia entre los consumos de dos aparatos electrodomésticos de similares prestaciones: dos frigoríficos-combi de dos puertas, con la misma capacidad de refrigerador y congelador y el mismo poder de congelación, por ejemplo, se pueden comparar en base a criterios de eficiencia energética.

Los electrodomésticos que están obligados a mostrar la etiqueta de clasificación energética son los frigoríficos y congeladores, lavavajillas, lavadoras y las secadoras eléctricas. Los aspectos que comenta la etiqueta se refieren al consumo eléctrico de la máquina, al consumo en agua, al nivel de ruido en operación, etc.

El etiquetado energético clasifica los electrodomésticos basándose en la asignación de una letra entre la A y la G, siendo la letra A indicativa de un electrodoméstico de máxima eficiencia y la G la de menor eficiencia. La figura 23.2 representa la reducción de los consumos respecto al mismo tipo de electrodoméstico de clase D que se puede lograr al adquirir un aparato eficiente.

Además de la reducción de consumo conseguida con la fabricación del equipo, es imprescindible un uso óptimo del mismo para lograr aún más ahorro; lo que se define como Buenas Prácticas. El potencial de ahorro mediante las Buenas Prácticas es elevado, puesto que depende de la capacidad del usuario para llevarlas a cabo. Se muestran en la tabla 23.1 algunas medidas a aplicar en determinados equipos.

Determinados modelos de electrodomésticos consumidores de agua caliente, tales como lavadoras y lavavajillas, han incorporado una toma exterior de agua caliente a la habitual de agua

Electrodoméstico	Buenas prácticas
Frigorífico/congelador	<ul style="list-style-type: none"> • Instalarlo con una separación de al menos 5 cm con las paredes para una mejor circulación del aire • Comprobar que las juntas cierran correctamente • Abrirlo lo imprescindible y no llenarlo totalmente
Lavadora	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar a la menor temperatura posible • Utilizar programas cortos y llenar el tambor
Lavavajillas	<ul style="list-style-type: none"> • Dejar que la vajilla se seque el aire • Elegir el programa adecuado al tipo, cantidad y suciedad de la vajilla
Secadora	<ul style="list-style-type: none"> • Centrifugar previamente en la lavadora a velocidades altas • Separar la ropa pesada de la ligera
Horno	<ul style="list-style-type: none"> • No abrirlo mientras se cocina • Apagarlo un poco antes de terminar
Vitrocerámica	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar calderos de tamaño adecuado al fogón • Tapar al cocinar

Tabla 23.1. Medidas de buenas prácticas en el manejo de determinados equipos.



Figura 23.2. Escala de clasificación energética.

fría para el aprovechamiento del agua caliente sanitaria (ACS) presente en el edificio. Pero esta presencia de la toma de agua caliente no es suficiente para garantizar que el equipo aproveche eficientemente esta agua ya calentada, sino que ha de incorporar una tecnología que permita su utilización sin emplear ningún tipo de energía auxiliar, consiguiendo al menos un 10% de ahorro respecto al consumo que tendría ese equipo sin la toma externa. Este electrodoméstico se denominaría termoeficiente.

La progresiva implantación de estas características en el equipamiento consumidor de agua caliente supone un aprovechamiento más para el ACS generado por una instalación solar térmica.

Electrodomésticos de Gama Marrón

La familia de los electrodomésticos de Gama Marrón comprende los equipos audiovisuales: TV, equipo HiFi, Video, DVD, ... Si bien las potencias no son demasiado altas, es el consumo cuando quedan en reposo (standby) lo que hace de estos aparatos unos consumidores "fantasma", el ejemplo más evidente de derroche energético. Este consumo se evitaría apagando completamente los

equipos, bien desenchufándolos de la correspondiente toma eléctrica o bien conectándolos a regletas con interruptor.

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y CALEFACCIÓN

Los sistemas pasivos en la construcción de los edificios tienen como objetivo, entre otros, la reducción en el consumo energético asociado a la climatización. En caso de tener que complementarse con la instalación de equipos de climatización es preferible elegir aquellos que dispongan de la máxima categoría energética (A), instalarlos de manera óptima y no sobrepasar la potencia máxima de refrigeración necesaria para el volumen a climatizar. En cuanto a su uso, la temperatura idónea de utilización en modo refrigeración es de 25 °C y para calefacción 20 °C; toda disminución o aumento respectivamente de temperatura llevará asociado un mayor gasto energético.

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ILUMINACIÓN

En el diseño del edificio siguiendo criterios bioclimáticos se da especial importancia a la presencia de la luz natural durante el día mediante el diseño de las aberturas y la configuración de las estancias. Sin embargo, para determinadas situaciones es preciso disponer, además, de una correcta instalación de iluminación interior, con el fin de completar los requerimientos lumínicos de las diferentes zonas. El Código Técnico de la Edificación establece unos valores mínimos de eficiencia energética (VEEI) para cada zona o estancia, teniendo en cuenta el uso al que va destinada.

Aunque es necesario cumplir con los requerimientos lumínicos obligatorios, existe un elevado potencial de mejora en la eficiencia energética de este tipo de instalaciones pudiendo actuar sobre el diseño de la misma, el rendimiento de las luminarias, la eficacia de las lámparas y el sistema de regulación y control.

Diseño

De manera genérica, obtener una iluminación que se adecúe al confort visual previsto comienza planteando una iluminación

sensiblemente uniforme del área (iluminación general) o iluminando de una forma individual y especial la zona estudiada según un criterio específico (iluminación general localizada). Aun teniendo un alumbrado general satisfactorio, para determinadas tareas será preciso reforzar ciertos puntos en los que se realicen importantes trabajos visuales (iluminación localizada); se debe hacer un correcto diseño de la instalación de manera que estos tres aspectos no conlleven un exceso de potencia luminosa instalada (figura 23.3).

Rendimiento de las luminarias

Junto con las lámparas, las luminarias han experimentado un gran avance debido a la mejora en el proceso de fabricación y a la inclusión de nuevos materiales y diseños que proyectan mucho más la luz generada por las lámparas. Una buena luminaria, cuyo mantenimiento y limpieza sean mínimos, aportará a lo largo de su vida útil una buena difusión y un óptimo rendimiento según las condiciones de diseño de la instalación, no teniendo que incluir más luminarias para lograr la misma potencia luminosa.

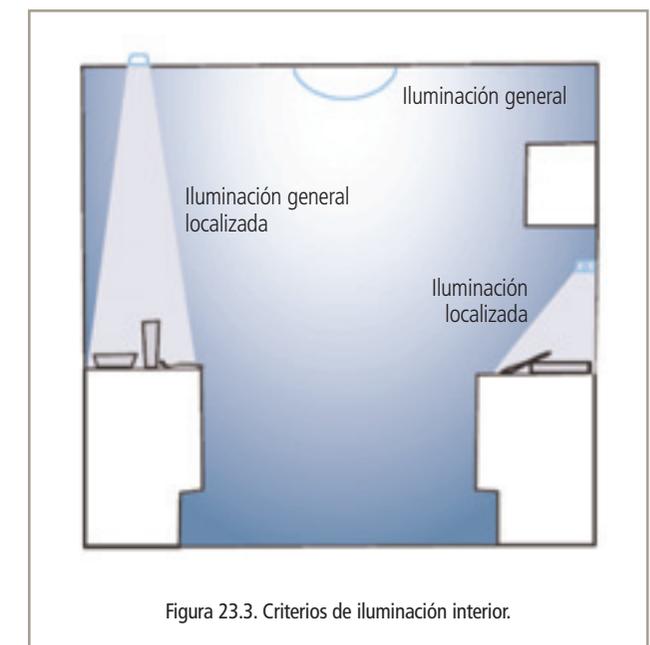


Figura 23.3. Criterios de iluminación interior.

Lámparas

Las lámparas empleadas en iluminación de interiores abarcan casi todos los tipos existentes en el mercado: incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc. (tabla 23.4). Al escoger las lámparas se optará por aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento, etc.) mejor se adapten a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación...)

La lámpara incandescente no halógena ha sido la de más amplia difusión debido a su uso tradicional doméstico y sobre todo a su precio asequible. Sin embargo, su eficiencia es bajísima, puesto que sólo convierte en luz el 5% de la energía que le llega, además de tener una baja eficacia luminosa (sobre 10 lm/W). En septiembre de 2009 comenzó la prohibición de su venta, lo que se hará escalonadamente hasta el momento en que se produzca su desaparición total. La evolución en este tipo de lámpara ha venido de la mano de la lámpara incandescente halógena, con una eficacia luminosa algo mayor (sobre 22 lm/W), pero similar eficiencia en la conversión electricidad-luz.

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Atendiendo al gas presente en la lámpara y a la presión a la que trabaja, los tipos de lámpara pueden ser de mercurio a baja y alta presión o de sodio a baja y alta presión. Generalmente, en la iluminación interior, la instalación suele contar con las lámparas de mercurio a baja presión, los clásicos fluorescentes. A una vida media de 5000-7000 horas se une el bajo consumo en la emisión de luz. Su eficiencia energética depende más de los elementos auxiliares de encendido (balasto y cebador) que del uso de la propia lámpara.

En los últimos años, la investigación en este campo ha permitido fabricar y comercializar lámparas de bajo consumo: lámparas fluorescentes con balasto electrónico y cebador incorporados, de potencia mucho menores y con formas y diseños que han posibilitado su adaptación a las instalaciones existentes; consiguiendo reducciones de un 85% del consumo energético. Además, modelos recientes incluyen la posibilidad de la regula-

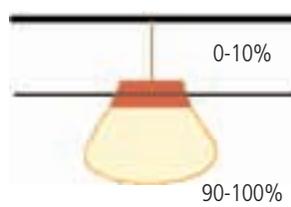
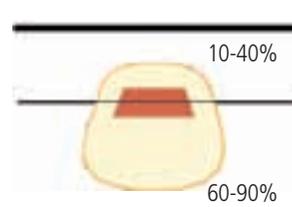
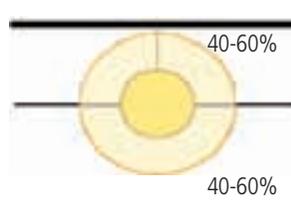
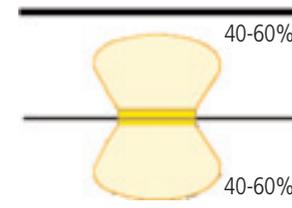
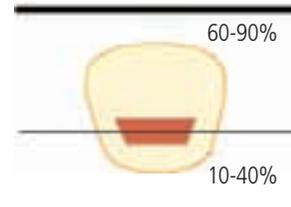
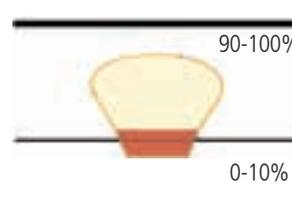
Directa		Semi-directa	
General difusa		Directa-indirecta	
Semi-directa		Indirecta	

Tabla 23.2. Clasificación de las luminarias según el Comité Internacional de Iluminación según la distribución de la luz

ción, atenuando la intensidad para crear ambientes de menor potencia luminosa. Se muestran en la tabla 23.3 las equivalencias actuales entre lámparas de bajo consumo y lámparas incandescentes.

Es conveniente utilizar fluorescentes tubulares o compactas de bajo consumo antes que lámparas de incandescencia o halógenas, sobre todo en aquellos espacios que permanezcan iluminados durante horas (zonas comunes), siendo la siguiente opción las lámparas halógenas. Esta elección de las lámparas compactas de bajo consumo sigue también criterios de etiquetado energético, ya que estos equipos han de incluir su clasificación energética.

Potencia lámpara incandescente	Potencia lámpara fluorescente compacta	
	Electrónica	No electrónica
25 W	7 W	9 W
40 W	9 W	11 W
60 W	11 W	13 W
75 W	15 W	18 W
100 W	20 W	25 W

Tabla 23.3. Equivalencia entre lámparas fluorescentes compactas y lámparas incandescentes

LÁMPARAS INCANDESCENTES				
Imagen	Tipo	Vida Media (h)	Vida Útil (h)	Características/Comentarios
	INCANDESCENTES NO HALÓGENAS	1.000	1.000	<ul style="list-style-type: none"> Se utilizan principalmente en el sector doméstico Está prevista su desaparición en los próximos años Gran calidad luminosa pero muy poco eficientes
	INCANDESCENTES HALÓGENAS	2.000	2.000	<ul style="list-style-type: none"> Se utilizan en el sector doméstico y en el sector servicios Tienen una buena reproducción cromática El encendido es instantáneo Bajo costo de adquisición Son algo más eficientes que las incandescentes pero tienen pérdidas importantes en forma de calor
LÁMPARAS DE DESCARGA				
	LÁMPARAS FLUORESCENTES TUBULARES	12.500	7.500	<ul style="list-style-type: none"> Son lámparas de vapor de mercurio a baja presión de elevada eficacia y vida. Se utilizan en interiores de alturas reducidas, como oficinas, comercios, locales públicos, industrias, etc. Las más usadas son las T8 (26 mm de diámetro) y las T5 (16 mm de diámetro), que sólo funcionan con equipo auxiliar electrónico. La tecnología más eficiente emite luz en tres bandas relativamente estrechas (trifósforos).
	FLUORESCENTES COMPACTAS	8.000	6.000	<ul style="list-style-type: none"> Poseen el mismo funcionamiento que las lámparas fluorescentes tubulares y están formadas por uno o varios tubos fluorescentes doblados. Sustituyen, con los casquillos adecuados, a las lámparas incandescentes. Algunas llevan el equipo auxiliar incorporado (compactas integradas)
	INDUCCIÓN	60.000	55.000	<ul style="list-style-type: none"> Emiten la luz mediante la transmisión de energía en presencia de un campo magnético, junto con una descarga en gas.
	HALOGENUROS METÁLICOS	12.000	11.000	<ul style="list-style-type: none"> Son de construcción similar a las de mercurio de alta presión. El tubo de descarga contiene, además del mercurio, una cantidad de haluros metálicos que proporcionan mayor reproducción cromática.
	HALOGENUROS METÁLICOS CERÁMICOS	12.000	11.000	<ul style="list-style-type: none"> Combinan la tecnología de las lámparas de halogenuros metálicos con la tecnología de las lámparas de sodio de alta presión (quemador cerámico). Combinan la luz blanca propia de los halogenuros metálicos y la estabilidad y la eficacia del sodio. Por sus características, son lámparas muy adecuadas para su uso en el sector terciario (comercios, oficinas, iluminación arquitectónica, escaparates, hoteles, etc.).

Tabla 23.4a. Características de lámparas utilizadas en interiores.

La irrupción en los sistemas de iluminación de las lámparas LEDs contribuye aún más al descenso de la potencia instalada y, en consecuencia, a la disminución del consumo para el mismo régimen de funcionamiento. A medida que este sistema logre emitir mayor cantidad de luz, aumentarán sus prestaciones y desplazarán a las lámparas habituales en cada vez más ubicaciones.

Sistemas de regulación y control

Estos sistemas permiten ajustar mejor los consumos a las necesidades. A partir de la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación, la mejora de la eficiencia energética en iluminación incluye, para cada zona, un sistema de control que permite ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural.

Existen actualmente gran variedad de dispositivos que contribuyen eficazmente a la reducción de consumo, destacando:

Sensores de presencia. Activan la iluminación cuando detectan la presencia de usuarios en la zona. Al mismo tiempo puede actuar de manera temporizada y mantener la iluminación un tiempo determinado.

Temporizadores. Los más conocidos son los interruptores de escalera, en que la iluminación queda encendida un tiempo determinado, el suficiente para que el usuario abandone la zona.

Sistemas DALI. DALI es un protocolo estándar digital internacional de interconexión de equipos electrónicos para el control de la luz desarrollado por los principales fabricantes europeos de equipos. Permite, entre otras aplicaciones, actuar sobre las luminarias próximas a la entrada de luz natural adaptando la iluminación artificial de manera independiente al resto de la zona. Suele estar combinados con dispositivos individuales como sensores de presencia y de luminosidad.

Centralitas de Control. Gestionan la totalidad del edificio, combinándose incluso con la regulación de sistemas de climatización o calefacción, minimizando el consumo energético global.

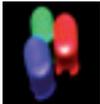
LÁMPARAS DE DESCARGA				
Imagen	Tipo	Vida Media (h)	Vida Útil (h)	Características/Comentarios
	VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN	20.000	15.000	<ul style="list-style-type: none"> Las lámparas de sodio a alta presión mejoran la reproducción cromática de las de baja presión. Este tipo de lámparas se emplean en instalaciones interiores industriales y comercios. Existe una tipología con mayor nivel de presión denominada Sodio Blanco, que proporciona la mayor reproducción cromática de las lámparas de sodio con eficacia menor. Estas lámparas se emplean en aplicaciones que requieran mayor índice de reproducción cromática, como son escaparates de comercios y edificios pintorescos de una ciudad, paseos, jardines, etc.
LEDs				
	LED	50.000	50.000	<ul style="list-style-type: none"> Están basados en semiconductores que transforman directamente la corriente eléctrica en luz. No poseen filamento, por lo que tienen una elevada vida (hasta 50.000 horas) y son muy resistentes a los golpes. Son un 80 % más eficientes que las lámparas habituales. Se destinan a un gran número de aplicaciones, como escaparates, señalización luminosa, iluminación decorativa, etc.

Tabla 23.4b. Características de lámparas utilizadas en interiores.

