

EFLUENTES DE AGUAS RESIDUALES EN EL LITORAL ORIENTAL DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA. EFECTOS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DE MAR, COMUNIDADES DE ALGAS E INDICADORES BACTERIANOS DE CONTAMINACIÓN FECAL.

Autores: Leopoldo O' Shanahan Roca*, Juana Rosa Betancort**, María Luisa Pita Toledo***

*Instituto Canario de Ciencias Marinas. Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información. Gobierno de Canarias.

** Departamento de Agua. Instituto Tecnológico de Canarias S.A.

*** Servicio de Sanidad Ambiental. Consejería de Sanidad. Gobierno de Canarias

Octubre de 2011.

INTRODUCCIÓN.

Las descargas de aguas residuales en la costa contaminan el agua de mar y afectan a las comunidades de algas superiores que se desarrollan en las orillas rocosas. La elevada concentración de nutrientes y materia orgánica de las aguas residuales explican el deterioro de los ecosistemas de las orillas del mar. Otro importante impacto del vertido de las aguas residuales al mar es la disminución de la calidad sanitaria de las aguas de baño causada por los microorganismos que contienen esas aguas (virus, bacterias, hongos, levaduras, parásitos...). Ello puede acarrear la prohibición del baño o la pérdida de la bandera azul de las playas (Pinedo *et al.*, 2007; Ballesteros *et al.*, 2007a; Ballesteros *et al.*, 2007b; Arévalo *et al.*, 2007b).

La Directiva 2006/7/CE del Parlamento europeo y el Real Decreto 1341/2007 relativos a la gestión de la calidad de las aguas de baño, prestan atención especial tanto al deterioro ambiental como a los riesgos para la salud inducidos por las aguas fecales cuando se vierten a los medios acuáticos. Desde el preámbulo de la exposición de la ley, la Directiva dice:

(2) ***“El agua es un recurso natural escaso, cuya calidad debe ser protegida, defendida, gestionada y tratada como tal. Las aguas superficiales, en particular, son recursos renovables con una capacidad limitada de recuperación ante los impactos negativos de la actividad humana.”***

(3) ***“La política comunitaria de medio ambiente ha de perseguir un alto nivel de protección y contribuir a alcanzar los objetivos de preservar, proteger y mejorar la calidad del medio ambiente y proteger la salud humana.”***

Nótese que la Directiva y el Real Decreto, dan prioridad al concepto de conservación de la calidad del medio ambiente y muestran interés prioritario por el medio natural. Ello bastaría por sí mismo para justificar la necesidad de un estudio como el presente, pero además en este caso en el área de influencia de los vertidos que se realizan en el litoral oriental de la ciudad se hallan playas de baño de la ciudad de Las Palmas.

La legislación española es categórica en cuanto a la calidad de las aguas de baño, la contaminación de las mismas, los riesgos para la salud humana y el control de dicha contaminación. En efecto, el Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño, que es la transposición a la legislación española de la Directiva 2006/7/CE, se manifiesta de esta manera:

“dada la importancia que supone el uso de las zonas de baño para la salud humana, se hace necesario el establecimiento a escala nacional de criterios sanitarios de calidad (...)” “Por otra parte se fijan parámetros y valores paramétricos a cumplir en el punto de muestreo designado por la autoridad sanitaria. Esos valores se basan principalmente en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud y en motivos de salud pública, aplicándose, en algunos casos, el principio de precaución para asegurar un alto nivel de protección para la salud de los bañistas”.
(Preámbulo).

Ante incumplimientos de los criterios de calidad que señala esta disposición (es decir, el R. D. 1341/2007), ***“será necesaria la investigación de la causa subyacente y garantizar que se apliquen lo antes posible las medidas correctoras y preventivas para la protección de la salud de los bañistas.”***
(Preámbulo).

De la misma manera, hemos investigado esa ***“causa subyacente”*** a la contaminación del litoral oriental de la ciudad y hemos comprobado que se trata de una serie de vertidos que se realizan a lo largo de todo ese litoral.

“Las autoridades competentes deberán garantizar que la playa cumpla, a lo largo de cada temporada de baño, con toda aquella legislación que pudiera ser de aplicación, y en concreto deberán: (...)

c) Vigilar los posibles puntos de vertido cercanos a la playa para que no faciliten en ningún momento la contaminación de las aguas de baño ni supongan riesgos para los usuarios que se encuentren en ella.” (Artículo 5)

“En caso de aguas de CALIDAD INSUFICIENTE, (como ha sucedido reiteradamente en la Playa de San Cristóbal y en la de La Laja) (la Administración pública dará) información sobre las causas de la contaminación y las medidas adoptadas para evitar la exposición de los bañistas a la contaminación y atajar sus causas.” (Artículo 13.3.e)

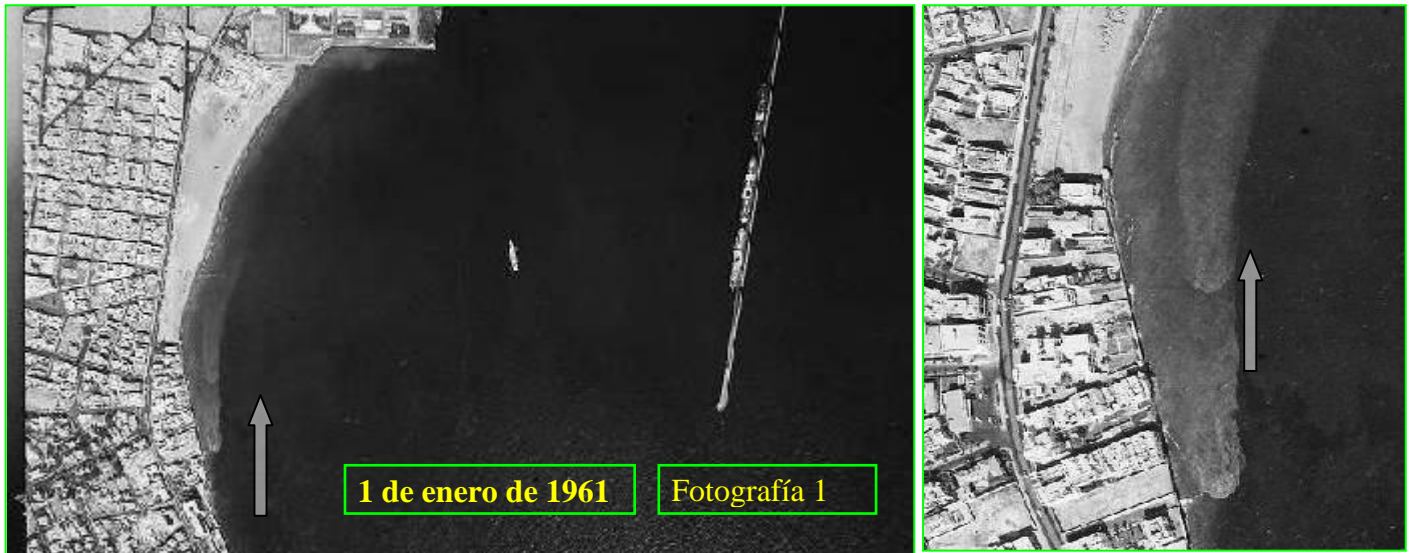
Indicadores macroscópicos de contaminación por aguas fecales en el litoral oriental de Las Palmas de Gran Canaria: Comunidades de algas macrófitas.

En la bibliografía especializada sobre los efectos de las aguas residuales sobre las aguas de superficie, diversos autores demuestran que las comunidades de algas macrófitas del litoral y sublitoral rocosos, son severamente afectadas por los efluentes urbanos e industriales (Pinedo *et al*, 2007; Ballesteros *et al*, 2007a; Ballesteros *et al*, 2007b; Arévalo *et al*, 2007b). Las comunidades de macrófitos son excelentes indicadores de eutrofización y contaminación del litoral. Cuando las condiciones de eutrofización (exceso de nutrientes) se mantienen constantes a lo largo de períodos de tiempo suficientemente prolongados, se produce la sustitución de las comunidades características de aguas oligotróficas, por ejemplo de *Cystoseira* sp., por otras propias de aguas eutróficas, por ejemplo comunidades de *Ulva* sp. y *Corallina* sp. La sustitución de una comunidad típica de aguas oligotróficas por otra propia de aguas eutróficas se produce cuando los niveles de nutrientes se han mantenido elevados durante mucho tiempo y no por un vertido eventual de aguas fecales. Dado su carácter sedentario, las comunidades vegetales bentónicas reflejan las condiciones ambientales a las que han estado sometidas a lo largo del tiempo, es decir, los efectos acumulados por la exposición a largo plazo a los nutrientes contenidos en las aguas residuales domésticas o industriales. De esta manera, se puede producir la desaparición o reducción del número de especies más sensibles a los vertidos y la sustitución por otras oportunistas nitrófilas, altamente resistentes a la contaminación por sustancias orgánicas y al exceso de sales minerales nutrientes. Es el típico caso de las comunidades de algas *Ulva* sp, *Corallina* sp y *Enteromorpha* sp. que substituyen a las comunidades de *Cystoseira* sp. en los lugares contaminados por vertidos domésticos.

Las aguas residuales son menos densas que las de mar por lo que, después de vertidas se mantienen en la superficie siendo así arrastradas por y las corrientes las transportan hasta el intermareal rocoso y en el submareal superior donde se desarrollan las comunidades bentónicas. Por esta razón, las comunidades algales bentónicas reciben directamente las descargas de los efluentes de las aguas domésticas e industriales y son más afectadas que otras comunidades del litoral. (Pinedo *et al.*, 2007; Ballesteros *et al.*, 2007a; Ballesteros *et al.*, 2007b; Arévalo *et al.*, 2007b). Las comunidades bentónicas son un gran instrumento para investigar y analizar los cambios producidos en la calidad del agua marina contaminada por vertidos del área afectada por los mismos.

DESCARGAS DE AGUAS FECALES EN EL LITORAL ORIENTAL DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA.

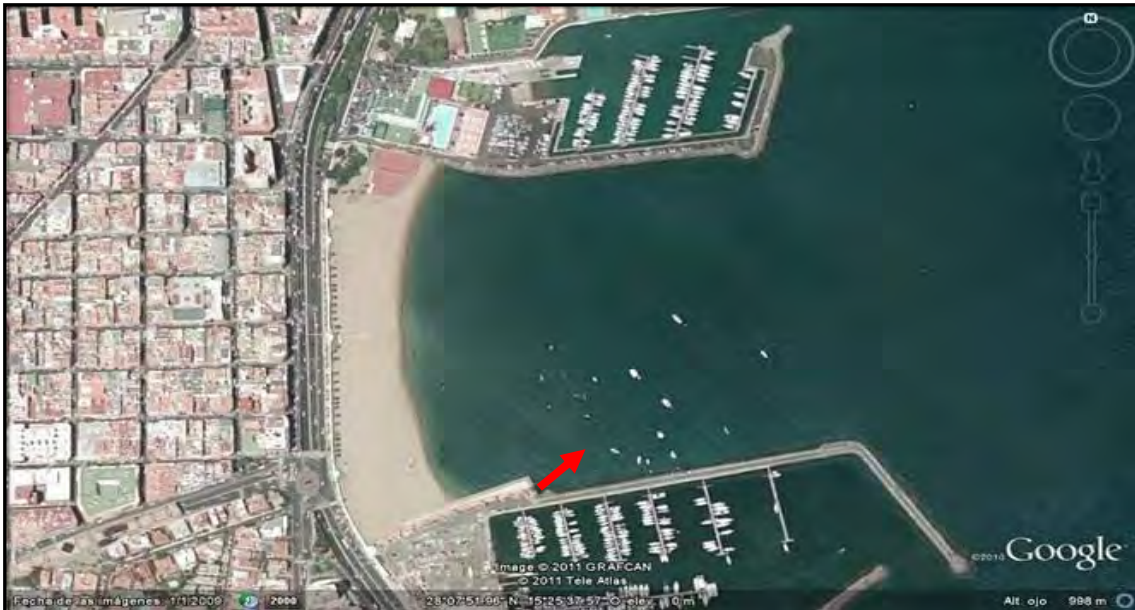
El litoral oriental de Las Palmas de Gran Canaria recibe desde hace décadas una parte de las aguas residuales de la ciudad. Las fotografías de IDE (Infraestructuras de Datos Espaciales) del Gobierno de Canarias (<http://visor.grafcan.es/visorweb/>), revelan la existencia de vertidos directos de aguas fecales desde el año 1961, en el litoral próximo a las Alcaravaneras.



En la Fotografía 1 (1 de enero de 1961) se observan dos efluentes de aguas residuales sin depurar que descargaban a pocos metros de la orilla de esa populosa playa de baños, cuya contaminación se agudizaba con vientos del sur, muy frecuentes en Gran Canaria, afectando entonces a la totalidad de la zona de baños.



En la Fotografía 2 (1 de enero de 1981), ya construida la Avenida Marítima, aparece un penacho de dirección sur que contaminaba el interior del Muelle Deportivo, situado al sur de las Alcaravaneras. En la fotografía, nótese como la corriente superficial marina de norte, originada por el alisio, arrastra las aguas vertidas hacia el sur, al interior del muelle deportivo.



En la actualidad la playa de Alcaravaneras se contamina de manera ocasional, a causa de un vertido puntual (Fotografía 3) situado en su extremo sur que corresponde al Aliviadero nº 2 de la Red de Saneamiento de la ciudad (GCLP12), que vierte esporádicamente a la playa de Alcaravaneras y que es uno de los numerosos efluentes recogidos y descritos en el *Censo de Vertidos Desde Tierra al Mar* (2008), de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias:

http://www.gobiernodecanarias.org/cmayer/medioambiente/calidadambiental/vertidos/gran_canaria.html

El vertido GCLP12 está calificado como Puntual por el *Censo de Vertidos* (2008). Como antaño, el tiempo sur agudiza la contaminación de la zona de baños de Alcaravaneras, al norte del vertido, y el viento norte (los alisios) alejan el vertido y “limpian” la playa (O’ Shanahan, 1988).

El resto del litoral oriental de Las Palmas, hoy en día sigue recibiendo importantes descargas de aguas residuales. Los vertidos que, en nuestra opinión, pueden influir más sobre dos puntos de muestreo bacteriológico localizados en San Cristóbal y La Laja (cuyos resultados analizaremos más adelante) son los siguientes:

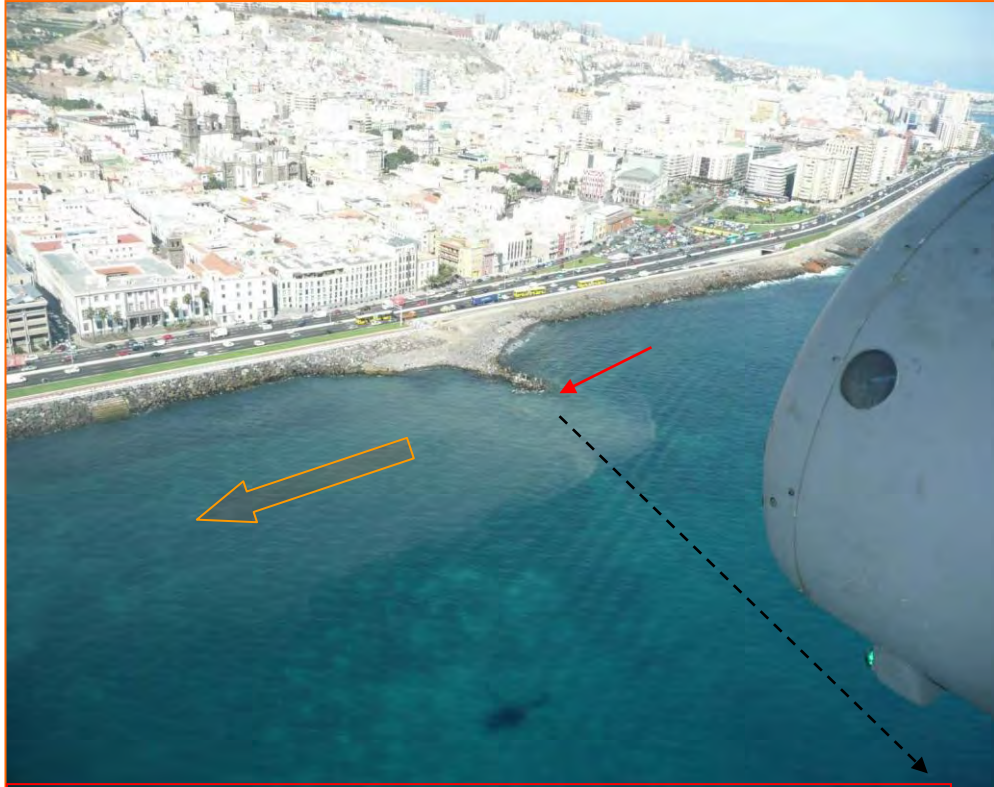
1. GC LP15: Aliviadero 5 de la red de saneamiento (Muelle Deportivo). Régimen hidráulico: Irregular
2. GC LP16: Aliviadero 6 de la red de saneamiento. Actividad: Puntual
3. GC LP17: (C/ Bravo Murillo). Aliviadero 7 de la red de saneamiento, C/Bravo Murillo. Régimen hidráulico: Irregular
4. GC LP18: (Parque San Telmo). Aliviadero 8 de la red de saneamiento, C/Bravo Murillo. Régimen hidráulico: Irregular
5. GC LP19: Barranco de Guinguada. Régimen hidráulico: Puntual
6. GC LP20: Emisario submarino EBAR el Teatro. Actividad: Régimen hidráulico: Continuo

7. GC LP21---Aliviadero 9 de la red de saneamiento, donde sale el ES.
Régimen hidráulico: Puntual
8. GC LP22 ---Aliviadero de la red de saneamiento 10, un poco más al sur abajo del anterior. Régimen hidráulico: Puntual
9. GC LP23---Aliviadero 11, más al sur que el 10, frente a la Audiencia.
Régimen hidráulico: Puntual
10. GC LP24 ---Red de Pluviales-Vertido junto a EBAR Lady Harimaguada.
Escorrentía. Régimen hidráulico: Irregular
11. GCLP25: Aliviadero Lady Harimaguada. Régimen hidráulico: Puntual
12. GCLP26: ALIVIADERO 12 de la Red de Saneamiento: casi enfrente del Hospital Insular, a 212 metros del Castillo de San Cristóbal. Régimen hidráulico: Continuo
13. GCLP27: ALIVIADERO EBAR DE SAN CRISTÓBAL: Espigón del Refugio Pesquero, 600 m al sur del Castillo de San Cristóbal. Régimen hidráulico: Puntual
14. GCLP28: ALIVIADERO 13 de la Red de Saneamiento: En Hoya de la Plata (Casi enfrente del Carrefour). Régimen hidráulico: Puntual

El Emisario Submarino de Las Palmas de Gran Canaria.

Casi todos los efluentes que vierten al litoral oriental de la ciudad son aliviaderos de la Red de Saneamiento de Aguas Residuales y su funcionamiento no es constante. Sin embargo en este litoral hay, al menos, tres emisiones que sí son constantes, dos corresponden al Emisario Submarino de Las Palmas y la tercera muy próxima a la torre de San Cristóbal que tiene carácter Continuo a pesar de catalogarse como aliviadero de la red de saneamiento (GCLP26).

A pocos metros del lugar de partida del emisario, señalado en las Fotografías 4, 5, 7 y 10, se localiza un efluente de aguas residuales que emerge del fondo marino, y que a tenor de las observaciones, fotografías y descripciones contenidas en el *Censo de Vertidos desde tierra al mar en Canarias* (2008) de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, se considera que proviene de una rotura del emisario localizada en los primeros metros de su recorrido. Se trata de un vertido constante y bastante caudaloso. En las proximidades de este efluente el *Censo de Vertidos* (2008) registra, asimismo, un aliviadero de la red de saneamiento (GCLP21), que no muestra actividad por lo que se estima que el vertido ahí localizado lo origina la rotura del emisario, en su inicio. En todo caso, tanto este vertido, como el del extremo distal del ES son constantes, lo que supone una continua contribución a la contaminación y eutrofización del litoral oriental de la ciudad.



Fotografía 4. Emisario Submarino de Las Palmas. La flecha de color rojo señala un vertido submarino a pocos metros del origen del ES cuyas aguas forman un penacho que se desplaza hacia el sur (flecha canela). La línea negra discontinua destaca el trazado submarino del emisario (octubre de 2009. Foto: Sergio Ramos y SAR)



Fotografía 5. La flecha 3 señala el lugar de afloramiento de las aguas vertidas por el emisario y el inicio del penacho de dispersión horizontal, hacia el S. (30 octubre 2009)

En la Fotografías 4 y 5 destacan el punto de arranque del emisario en la orilla del mar (punto nº 2, fotografía 5), el lugar de afloramiento de las aguas vertidas por el emisario submarino (Fotografía 5, nº 3) donde se origina el penacho de dispersión horizontal de considerables dimensiones que se extiende hacia el sur y cuyas aguas tienen aspecto de estar sin depurar o mal depuradas. Destaca también un penacho de aguas residuales (4), que sale del lugar donde se ubican el Aliviadero Lady Harimaguada de la Red de saneamiento de Las Palmas10 (GCLP 25) y el Vertido junto a la EBAR Lady Harimaguada (GCLP 24), según se recoge en el *Censo de Vertidos desde tierra al mar en Canarias* (2008), del Gobierno de Canarias. El punto 1 es la desembocadura del barranco de Guiniguada por donde también se vierten aguas residuales, y corresponde al vertido GCLP 19 Estación de bombeo “El Teatro” del *Censo de Vertidos*. Destaca en la Fotografía 5 un penacho de aguas residuales pegado a la orilla, un poco difuso, que se extiende muy ampliamente desde la desembocadura del Guiniguada hacia el sur. Las Fotografías 4 y 5, ambas de Octubre de 2009, podrían considerarse simultáneas, demostrando que el vertido por el extremo del emisario y el propiamente litoral corresponden a la misma agua y al mismo emisario.

Las Fotografías 6, 7 y 8 (10 de junio de 2011), permiten constatar la existencia del vertido submarino localizado en el arranque del emisario que, en nuestra opinión, está causado por la rotura del mismo. Las aguas de este vertido originan un penacho de dispersión horizontal (Fotografía 8) que deriva hacia el sur impulsado por la corriente de norte (flecha). Sin duda el agua vertida (Fotografía 7) aparenta no estar depurada y, junto con el agua que vierte al extremo del emisario, contribuye decisivamente a la contaminación bacteriana fecal de las zonas de baño y al desarrollo de poblaciones de macroalgas indicadoras de eutrofización causada por contaminación por aguas fecales.



Fotografía 6 (10 de junio de 2011).



Fotografías 7, 8 (10 de junio de 2011).

Las fotografías 9 y 10, de 26 de junio de 2011 (tomadas con apenas 30 minutos de diferencia) confirman el vertido de aguas residuales de forma simultánea en la salida del emisario mar adentro (Fotografía 9) y en el origen del emisario, casi en la misma orilla (Fotografía 10), donde se observa el afloramiento de aguas no depuradas. La Fotografía 11 muestra el penacho litoral o costero de dispersión horizontal, originado en la rotura del ES a escasos metros de la orilla, en su migración hacia el sur.

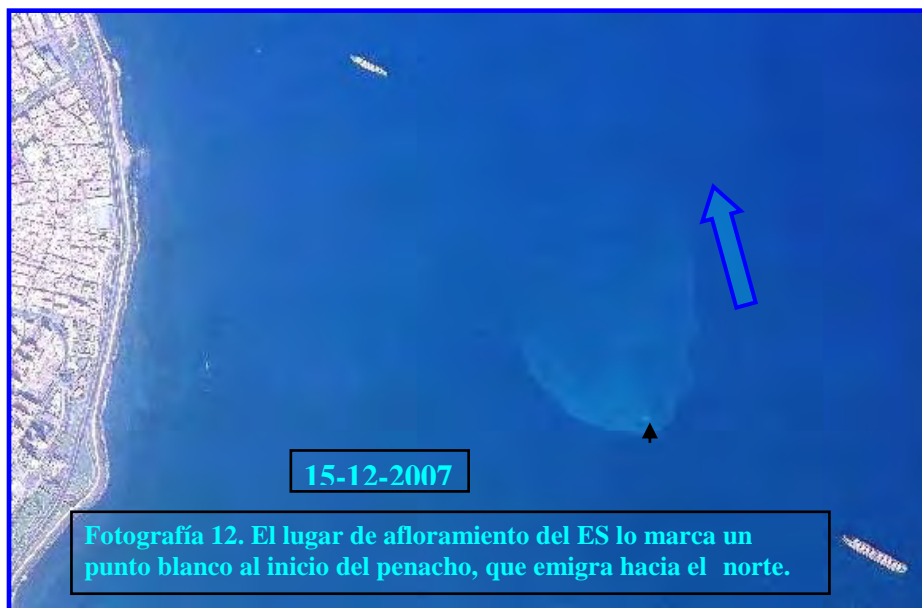
Cerca de este punto se encuentra el *Aliviadero de la red de saneamiento 10 (GCLP22)* (Censo de Vertidos, 2008) que siempre se ha observado inactivo tanto en las observaciones “in situ” como en las fotografías, por lo que el flujo constante de agua canela que origina el penacho costero sólo se debe a la rotura del emisario. Por lo tanto el *Aliviadero de la red de saneamiento 9*

(GCLP21), en nuestra opinión, está relacionado directamente con el emisario submarino dado que vierte continuamente aguas fecales.

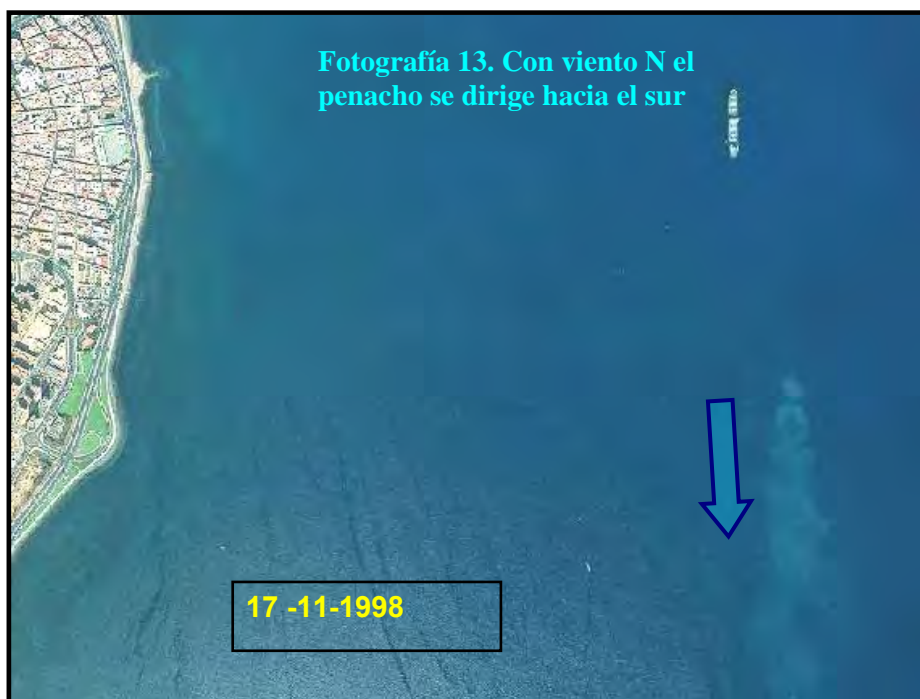


OTRAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS VERTIDOS DE AGUAS FECALES EN EL LITORAL ORIENTAL DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Las aguas sin depurar o muy escasamente depuradas, vertidas en el litoral oriental contaminan toda la Avenida Marítima y las zonas de baño de Alcaravaneras, San Cristóbal y La Laja. La serie de fotografías que se exponen en este estudio, obtenidas desde hace décadas, permiten interpretar lo que acontece en este litoral.



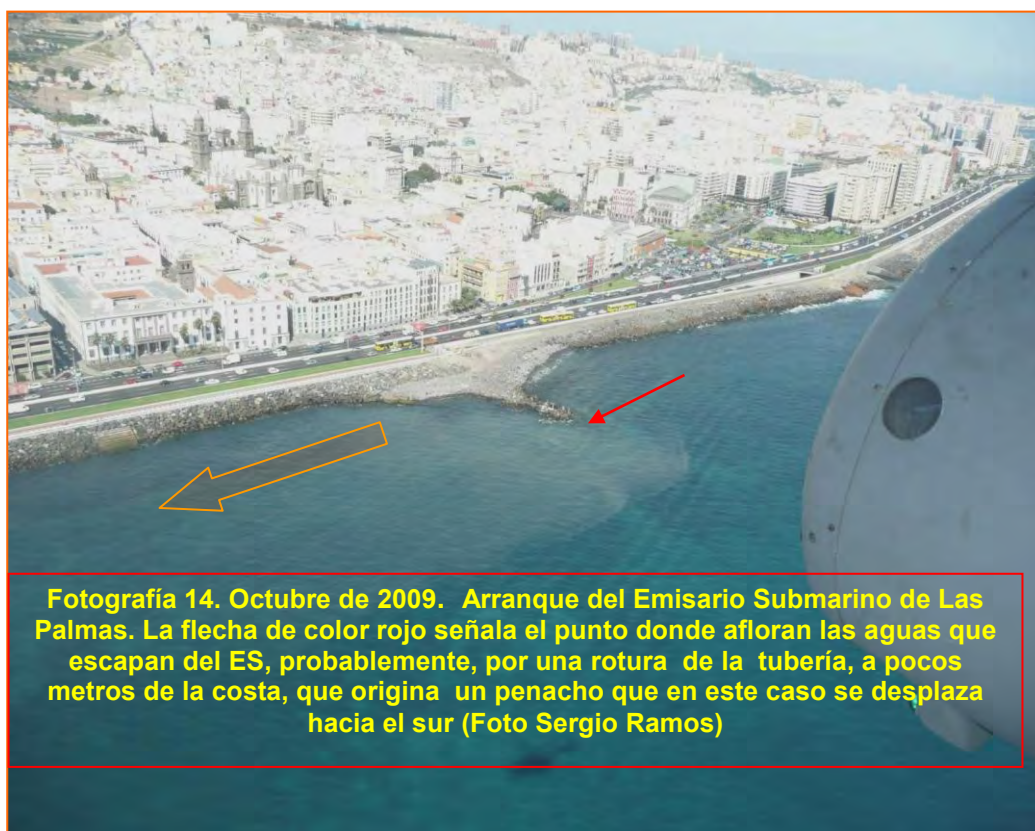
En las fotografías 12 y 13 se pone de manifiesto cómo el penacho de dispersión horizontal del emisario submarino, una vez afloradas las aguas, puede adquirir diferentes direcciones, según sea la orientación de la corriente superficial marina.



Las aguas residuales tienen una densidad muy inferior a la del agua de mar, por lo que, una vez emitidas en el fondo marino ascienden rápidamente y flotan en la superficie. Los propios barcos que aparecen en las imágenes indican la dirección norte o sur de la corriente y por tanto la dirección que adquieren los penachos de aguas vertidas.

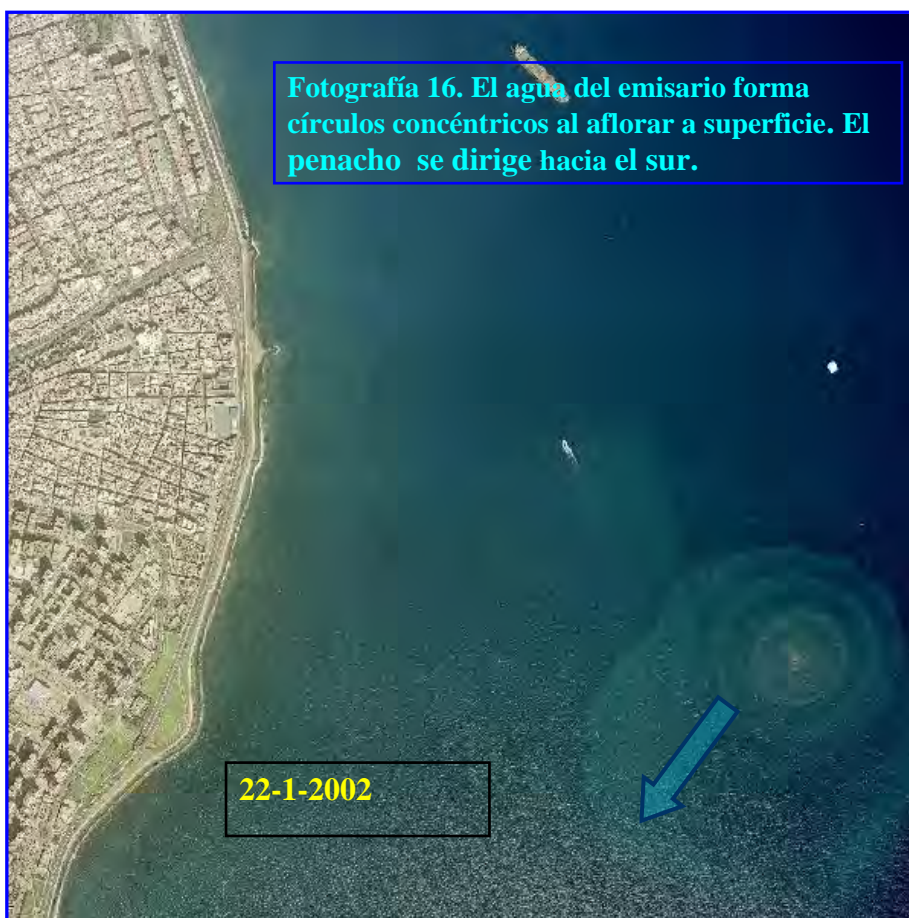
Las diferentes fechas de las fotografías muestran que el problema del vertido de aguas fecales al litoral oriental de la ciudad se remonta a varias décadas y apoyan la idea de que, a pesar de las bombas de impulsión, los aliviaderos, la estación depuradora, e incluso el emisario submarino, la contaminación por aguas residuales sigue estando presente, como se demuestra por los resultados bacteriológicos y los asentamientos de algas macrófitas indicadoras de contaminación fecal en este litoral oriental.

En las Fotografías 14 y 15, de octubre de 2009, se ve la localización del lugar en el litoral en el que afloran las aguas de la rotura del ES. La línea amarilla corresponde al trazado del emisario por el suelo marino. El emisario mide unos 1960 m de longitud y desagua a 37,5 m de profundidad. En la Fotografía 16 se aprecia el penacho costero producido por los aliviaderos de la red de saneamiento y la rotura del emisario. Se nota el punto de afloramiento de las aguas en el extremo del emisario en capas concéntricas y el inicio de la trayectoria del penacho, hacia el sur. El caudal vertido es enorme.





Fotografía 15.Octubre de 2009



Fotografía 16. El agua del emisario forma círculos concéntricos al aflorar a superficie. El penacho se dirige hacia el sur.

22-1-2002



**Fotografía 17 (26.05.2007).
Penacho costero formado
en la rotura del ES
migrando hacia el sur.**

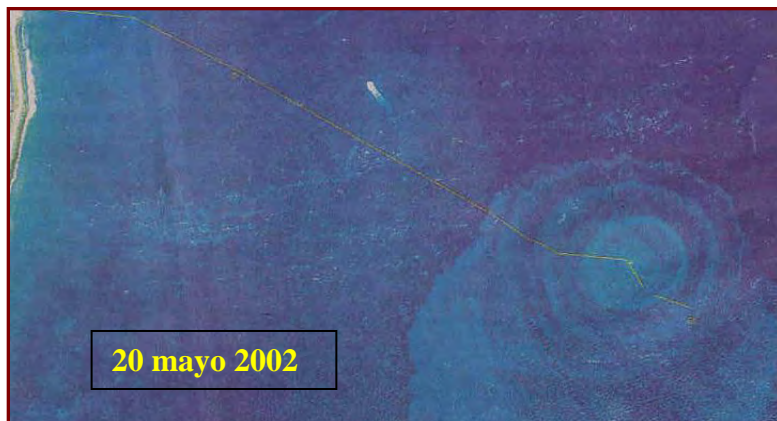
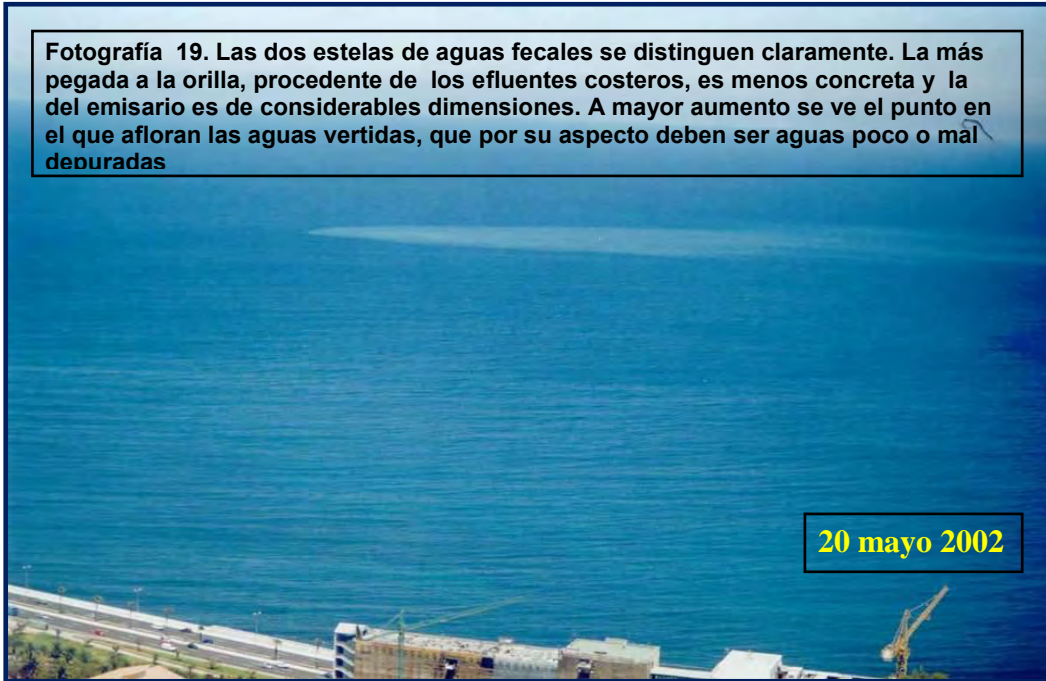
En algunas imágenes (Fotografía 17, de 26 de mayo de 2007) se observa muy bien el penacho de aguas residuales formado a partir del agua del ES que escapa por la rotura casi en la misma orilla y que adquiere dirección sur, a favor de la corriente más frecuente.



Fotografía 18. Oct-2006

Nótense las grandes dimensiones del penacho costero, lo que da idea del caudal que se escapa tan cerca de la orilla y que debería verterse a través de los difusores en el tramo final del emisario. En la Fotografía 18 de 2 de octubre de 2006, se distinguen dos penachos de aguas residuales. El que se origina en el punto de afloramiento del emisario (flecha roja) y otro muy extenso, menos concreto que bordea el litoral en una gran mancha nublosa formada por el enorme caudal que mana a diario en esta costa.

Fotografía 19. Las dos estelas de aguas fecales se distinguen claramente. La más pegada a la orilla, procedente de los efluentes costeros, es menos concreta y la del emisario es de considerables dimensiones. A mayor aumento se ve el punto en el que afloran las aguas vertidas, que por su aspecto deben ser aguas poco o mal depuradas



Fotografía 20, en la que se distingue el trazado submarino del emisario.

En la Fotografía 21 (junio de 2008) se observa el penacho litoral procedente de los vertidos situados más al norte y en el extremo inferior de la fotografía destaca claramente el vertido GCLP25 Aliviadero Lady Harimaguada.



CONSECUENCIAS DE LOS VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES SOBRE LAS COMUNIDADES ALGALES BENTÓNICAS DEL LITORAL ORIENTAL DE LAS PALMAS: PRESENCIA DE MACROINDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL: ULVÁCEAS Y CORALINÁCEAS.

Rasa intermareal de la torre de San Cristóbal.

El asentamiento de comunidades de macroalgas bentónicas se localiza especialmente en dos puntos del litoral oriental de Las Palmas: la rasa intermareal sobre la que se levanta la histórica torre o castillo de San Cristóbal y la rasa intermareal rocosa de La Laja que comienza en el extremo norte de esta playa y que se extiende unos 150-200 m hacia el norte. El resto del litoral está formado por escolleras de piedras grandes, tetrápodos de hormigón y algunas playas de callaos en donde se asientan Ulváceas de pequeño porte sin llegar a formar grandes comunidades a causa del fuerte batir de las olas.

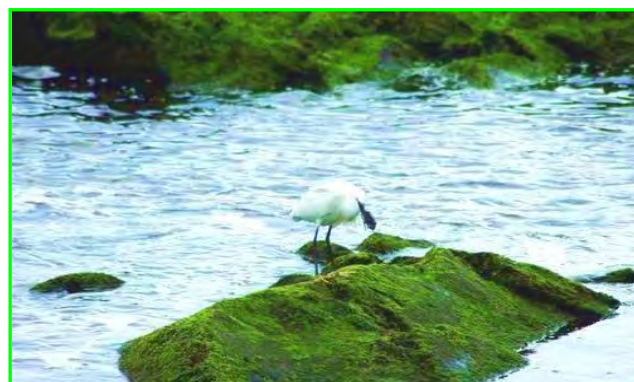
En la torre de San Cristóbal hemos registrado desde hace años el asentamiento de comunidades de Ulváceas y sus habituales acompañantes de Coralináceas. En imágenes de febrero de 2002 se percibía que los alrededores

del castillo de San Cristóbal se encontraba colonizado por una comunidad bentónica con predominio del alga verde *Ulva rigida* junto con *Corallina* sp. lo que revela contaminación por aguas residuales (Fotografías 22, 23 y 24).



Fotografía 22

Fotografía 23



Fotografía 24 (2002). La cobertura de *Ulva* sp. es evidente en esta zona.

Las Fotografías 25 y 26 corresponden al Aliviadero de la Red de Saneamiento 12 (GCLP26) que está situado a unos 210 m hacia el norte y emite aguas residuales sin depurar. Es el vertido más próximo a la rasa de San Cristóbal y está calificado como “*continuo*” en el Censo de Vertidos del Gobierno de Canarias (2008).



Fotografías 25 y 26



La fotografía del aliviadero GCLP26 (tomada del *Censo de Vertidos*, 2008) revela claramente la salida de aguas residuales sin depurar lo cual, además, ha sido comprobado en reiteradas observaciones de campo. Por esta razón, dada su proximidad, su continuidad y la naturaleza de las aguas vertidas, la eutrofización de la rasa de San Cristóbal se puede atribuir a este vertido, sin perjuicio de los efluentes situados más al norte, incluido el emisario submarino.

Aunque, en general, en las fotografías aéreas históricas del área de estudio los aliviaderos no muestran una actividad de vertido constante, sin embargo el emisario submarino sí presenta una actividad constante, tanto en la proximidad del punto de arranque en tierra como en su desembocadura mar adentro. Hemos observado que la constancia e intensidad de esta contaminación es evidente.

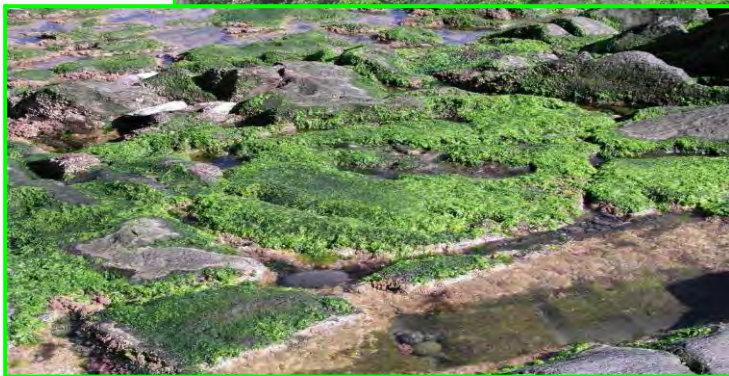
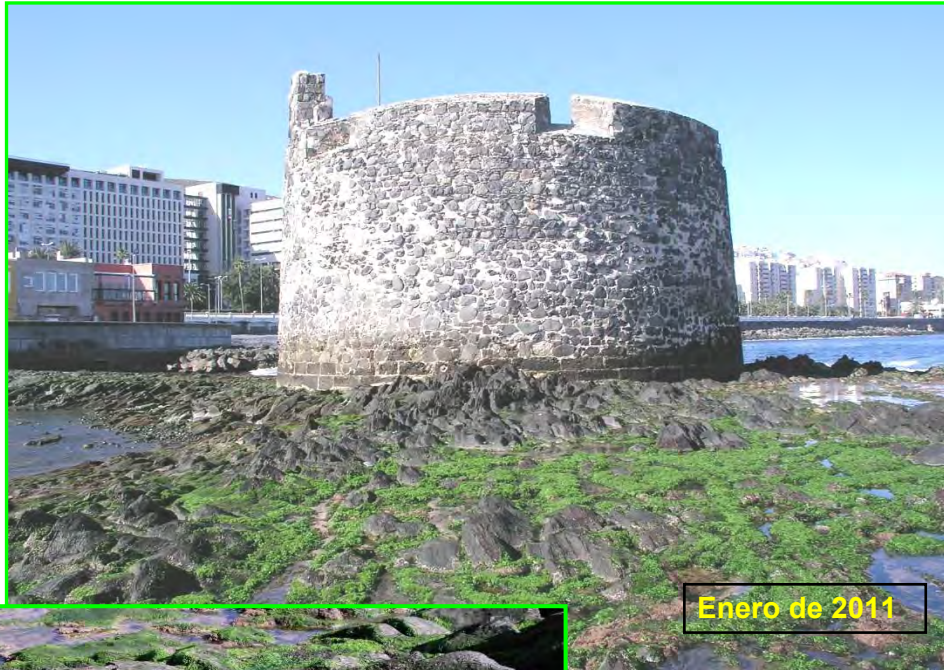
Sucesión en las comunidades macroalgales: ¿Irregularidad de los vertidos?

Las fotografías del año 2002, revelan que la comunidad dominante de macrófitas en la rasa de San Cristóbal era de Ulváceas. La profusión de ulváceas en el nivel sublitoral superior junto con la ausencia total de comunidades de *Cystoseira* spp. siempre indica un “estatus” ecológico entre pobre y deficiente (Arévalo *et al.*, 2007). En un estudio realizado meses más tarde (15 de septiembre de 2003, Fotografías 27 y 28), en el entorno de la torre de San Cristóbal se registraba una colonización por *Corallina elongata* (acompañada de *Gelidium* sp. y *Heterocladia* sp.) y apenas presencia de *Ulva rigida*. Las comunidades dominadas por *Corallina elongata* indican niveles intermedios de calidad de agua con un “estatus” ecológico entre moderado y pobre (Arévalo *et al.*, 2007). En nuestro caso quizá porque el aporte de nutrientes durante unos meses atrás fue menos intenso, lo que podría explicarse por posibles fluctuaciones en el caudal de los vertidos situados al norte de San Cristóbal. Según algunos autores las variaciones e intensidad de los niveles de nutrientes que producen la eutrofización determinan la presencia de una clase de comunidad bentónica u otra, como comprobamos en San Cristóbal (Pinedo *et al.*, 2007; Ballesteros *et al.*, 2007a; Ballesteros *et al.*, 2007b; Arévalo *et al.*, 2007b).



Fotografías 27 y 28 (15.09.2003).

Una reciente observación fotográfica (enero de 2011) ha revelado que la rasa del castillo de San Cristóbal continúa sometida a una intensa eutrofización, dada la exuberancia de la comunidad de ulváceas allí presente. (Fotografías 29, 30 y 31, enero de 2011).



En las fotografías se muestra el estado actual de la torre de San Cristóbal, densamente colonizada por comunidades de *Ulva rigida* asociada con *Corallina elongata*, en cuyas sociedades en el intermareal o submareal, *Corallina* se sitúa en un nivel inferior al que se instala *Ulva*.

Fotografía 31. Detalle de la comunidad de *Corallina* sp

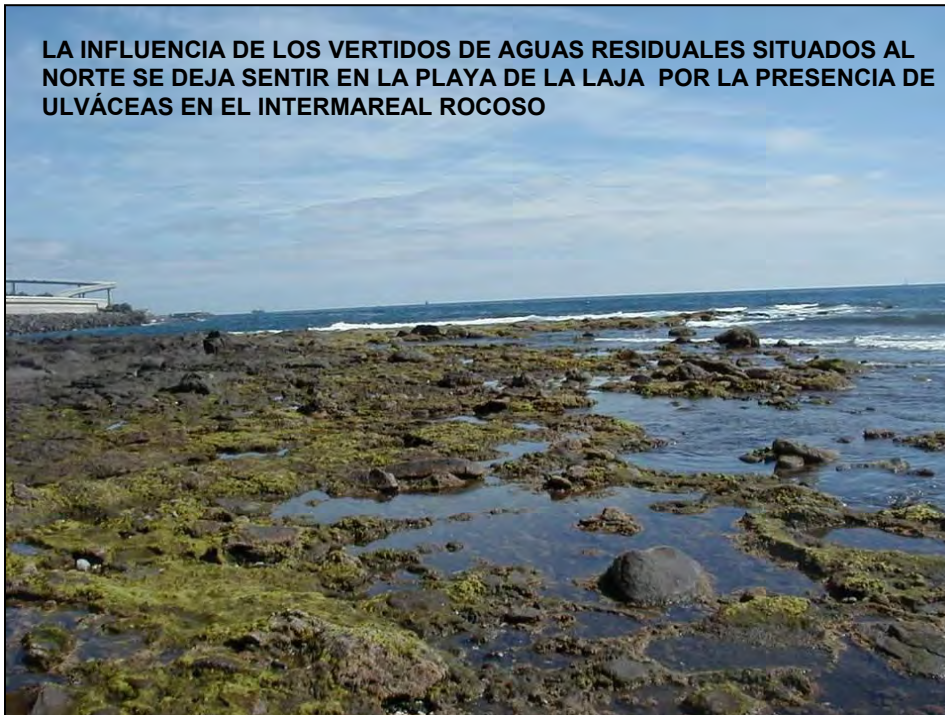




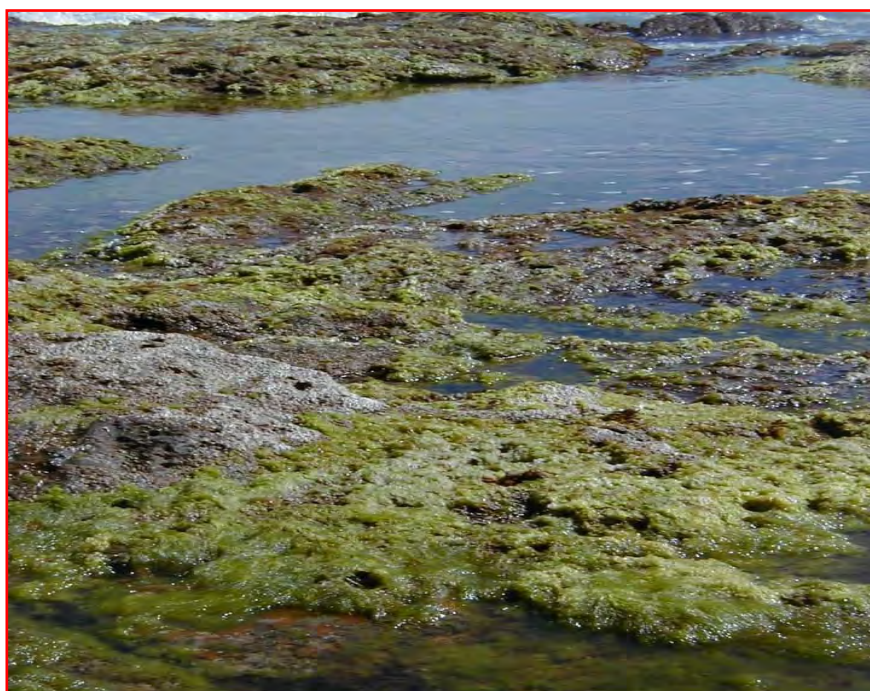
Fotografía 32. Charco intermareal en la rasa de San Cristóbal, característico de zonas muy eutrofizadas en los que *Ulva* sp. es la especie dominante casi en exclusiva, formando comunidades muy densas.

Rasa intermareal de La Laja

En las Fotografías 33, 34 y 35 se ven densas comunidades de macrófitas poblando la rasa intermareal situada al norte de la Playa de La Laja, con abundante crecimiento de *Ulva rigida* y *Enteromorpha* sp. en los charcos intermareales todo ello ocasionado por las aguas eutróficas del litoral oriental de la ciudad.



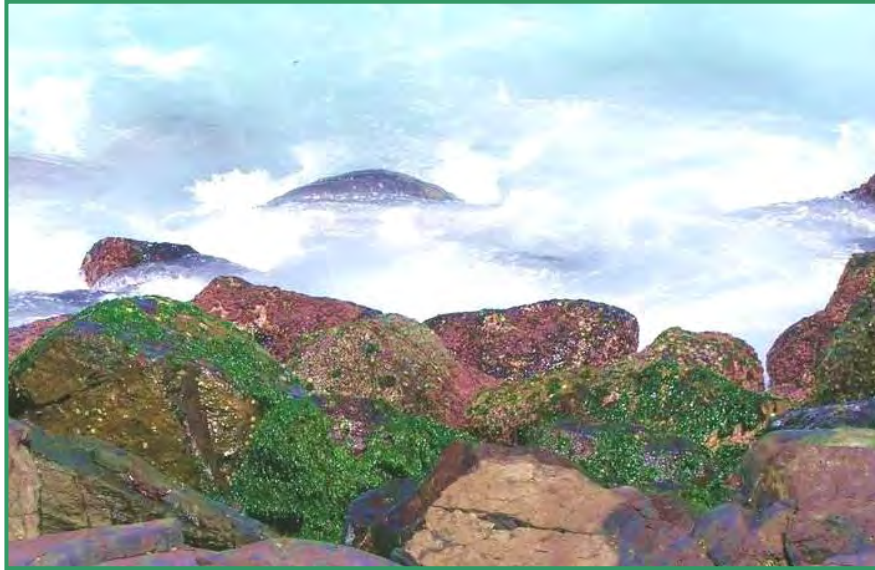
Fotografía 33



Fotografías 34.



Fotografía 35. Rasa intermareal de La Laja (extremo norte) mostrando abundante crecimiento de ulváceas causado por la eutrofización generada por los vertidos de aguas residuales. La flecha indica el Aliviadero de la red de saneamiento nº 13 (GCLP28).



Fotografía 36. A lo largo de la avenida marítima se observa una abundante colonización por *Ulva* sp. , de las grandes piedras que forman el rompeolas, a pesar de las gran fuerza con la que baten las olas en el lugar.

Finalmente, el dominio de algas cianofitas *Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Phormidium* indica un ambiente muy degradado como podemos observar en los diques que forman las piscinas de Los Charcones en Bañaderos (Aruacas



Detalle del aliviadero n° 13 mostrando actividad reciente.

En la bibliografía especializada se encuentran diversos estudios sobre el efecto de la contaminación por vertidos de aguas residuales sobre las

poblaciones bentónicas de macroalgas que revelan la sensibilidad de las especies perennes de algas pardas a la alteración de las condiciones ambientales naturales o habituales. Los vertidos de las estaciones depuradoras y plantas de tratamiento, las estaciones de bombeo, o los vertidos ilegales, realizados a lo largo de los años, producen un cambio (substitución) de las comunidades de algas bentónicas perennes y estables (por ejemplo las comunidades de *Cystoseira* sp.) por otras comunidades formadas por especies oportunistas más tolerantes a las condiciones “estresantes” de los vertidos (comunidades de ulváceas). (Bibliografía citada por Pinedo *et al.*, 2007; Ballesteros *et al.*, 2007a; Ballesteros *et al.*, 2007b; Arévalo *et al.*, 2007b).

Las comunidades de sustrato rocoso situadas en el intermareal y en el sublitoral superior son indicadoras de la calidad del agua de mar: existe un gradiente que comprende desde la “alta calidad” representada por densas comunidades de *Cystoseira* sp. hasta la “mala calidad” representada por comunidades dominadas por algas verdes *Ulva* sp. y *Enteromorpha* sp. (Bibliografía citada por Pinedo *et al.*, 2007; Ballesteros *et al.*, 2007a; Ballesteros *et al.*, 2007b; Arévalo *et al.*, 2007b).

Las comunidades de *Cystoseira* suelen dominar el sublitoral superior y, al ser particularmente sensibles a cualquier estrés natural o antropogénico, pueden experimentar cambios profundos y disminuir hasta su extinción en áreas muy extensas (Bibliografía citada por Pinedo *et al.*, 2007; Ballesteros *et al.*, 2007a; Ballesteros *et al.*, 2007b; Arévalo *et al.*, 2007b). El aumento de las concentraciones de materia orgánica y nutrientes, característico de las orillas contaminadas por aguas residuales, determina que las comunidades dominadas por *Cystoseira* sean reemplazadas por el alga roja *Corallina elongata*, en estadios intermedios de eutrofización, y por las algas verdes *Ulva*, *Enteromorpha* y *Cladophora* en ambientes altamente alterados (contaminados), por ejemplo lugares inmediatos a los efluentes de aguas dulces.).

PARÁMETROS BACTERIANOS: EFECTO DE LOS VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL LITORAL ORIENTAL DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA SOBRE LA CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DE BAÑO.

Los únicos puntos de baño declarados por las autoridades sanitarias en el litoral oriental de Las Palmas, además de la playa de Las Alcaravaneras, están situados al sur del refugio pesquero de San Cristóbal y en la playa de La Laja.



Hemos estudiado datos bacteriológicos de dos zonas de baño, ambas situadas al sur de tan importante número de vertidos realizados en la misma orilla el mar, con objeto de comprobar si en ellas se reflejan las condiciones de contaminación originada por la alta presencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal que siempre se encuentra en las aguas residuales urbanas.

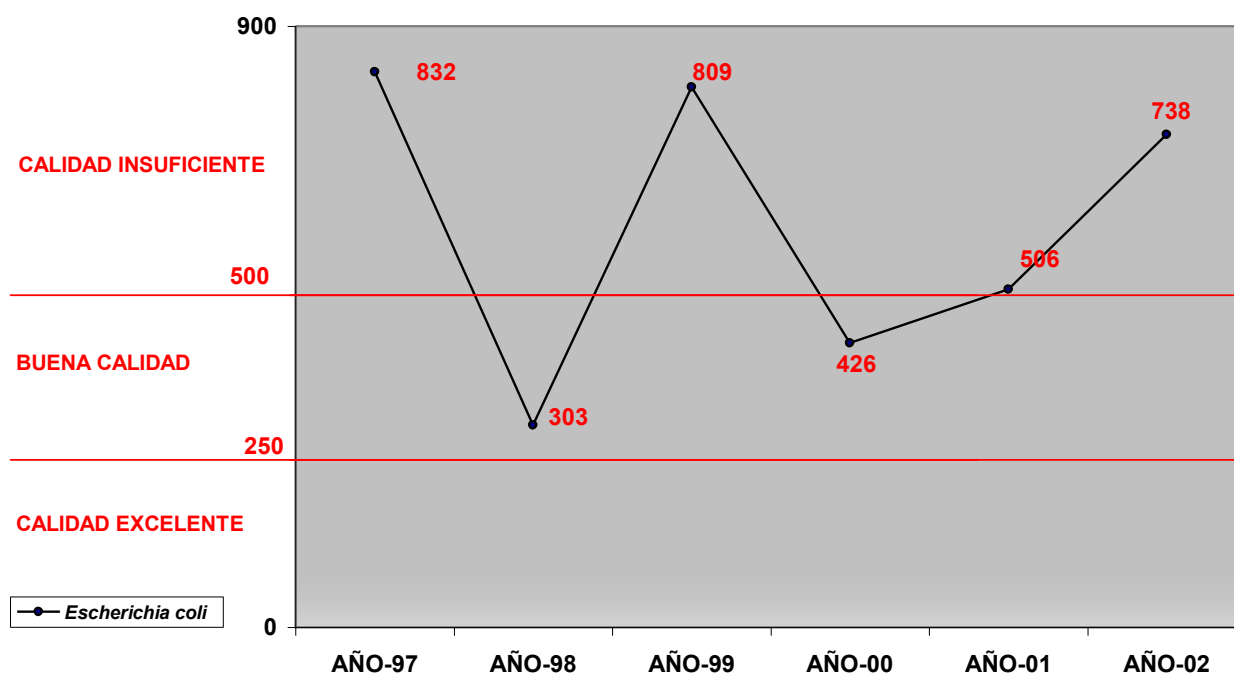
Incumplimiento de la Directiva de aguas de baño: Evolución de los Percentiles CF95.

Para el estudio hemos utilizado varias series de datos de dos períodos: desde 1997 a 2002 y desde 2006 hasta 2008. Hemos calculado los percentiles 95 del parámetro *Escherichia coli* (Coliformes Fecales) tal como recogen el Real Decreto 1341/2007 y la Directiva 2006/7/CE sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño. También hemos expresado en gráficas los valores puntuales de *E. coli* obtenidos en los días de toma de muestras a lo largo de cada período de muestreo.

En la zona de baño de San Cristóbal, entre 1997 y 2002 (Figura 1), el percentil 95 del parámetro *E. coli* supera siempre la concentración de 250 CF/100 ml, que es el límite superior de calidad Excelente de las aguas de baño, cuyo cumplimiento es condición necesaria para que una zona de baños obtenga la bandera azul. En cuatro de los seis años estudiados se obtiene la Calidad Insuficiente. Por tanto la zona de baños de San Cristóbal no ofrece una calidad óptima de sus aguas para fines recreativos y no podría ostentar la bandera azul al estar este punto siempre contaminado por bacterias fecales.

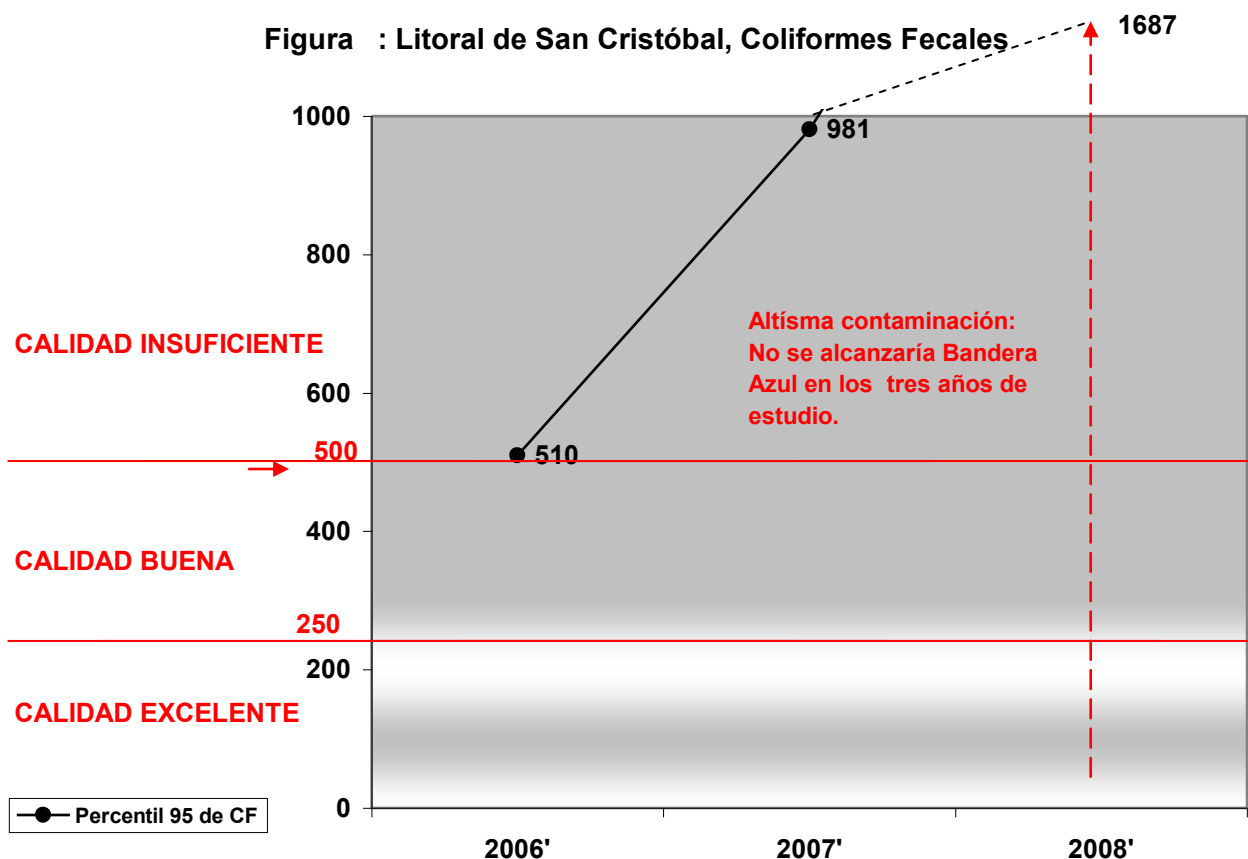
FIGURA 1

Figura . Playa de San Cristóbal. Evaluación de las aguas de baño. Años: 1997-2000. Parámetro: *Escherichia coli*.



En la Figura 2 se representan los percentiles 95 de *E. coli* de los años 2006 al 2008 que alcanzan valores también muy elevados, sobre todo en 2007 y 2008, muy por encima del límite de Calidad Insuficiente (500 CF/100 ml). Esto equivale a una contaminación altísima, causada indudablemente por el gran número de efluentes que vierten en el litoral oriental de la ciudad.

FIGURA 2: Percentil 95 de *Escherichia coli* de 2006 a 2008.



Evolución de las concentraciones de Coliformes Fecales (CF).

Las concentraciones de Coliformes Fecales (CF) (*E. coli*) obtenidas a lo largo de los diferentes períodos de muestreo presentan grandes oscilaciones entre diversos días de toma de muestra, con un gran predominio de concentraciones superiores a los 100 CF/100 ml, valor que sugiere una contaminación fecal inducida por aguas residuales urbanas como factor más probable. Las Figura 3 y 4 muestran las concentraciones de CF/100 ml obtenidas durante 2008 y 2007 en las aguas de baño de San Cristóbal. Destacan picos de una altísima concentración (3500, 845, 740, 714, 487), una alta frecuencia de picos más moderados (entre 200 y 400 CF/100 ml) alternándose con concentraciones bastante frecuentes entre 0 y 100 CF/100 ml. Los picos de alta concentración y los valores muy bajos se alternan de un muestreo al siguiente o a veces se suceden varios valores altos o varios valores bajos. Estas oscilaciones tan marcadas se deben a lo cambiante que son las circunstancias ambientales que influyen en la dispersión de las aguas vertidas: cambio de dirección de las corrientes superficiales, variación de

caudales de emisión, aleatoriedad en la continuidad de emisión de los aliviaderos, etc...

FIGURA 3: Valores puntuales de CF/100 ml en San Cristóbal de enero a diciembre de 2008

Figura: SAN CRISTÓBAL 2008. CF/100 ml

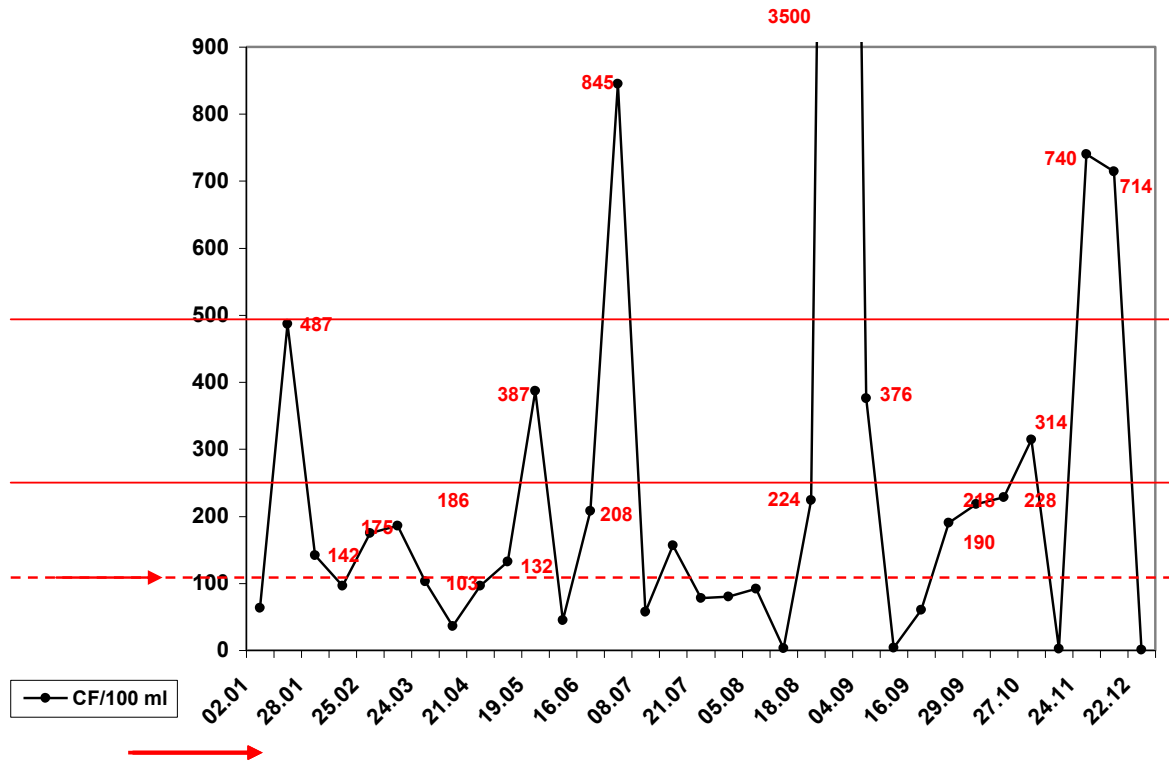
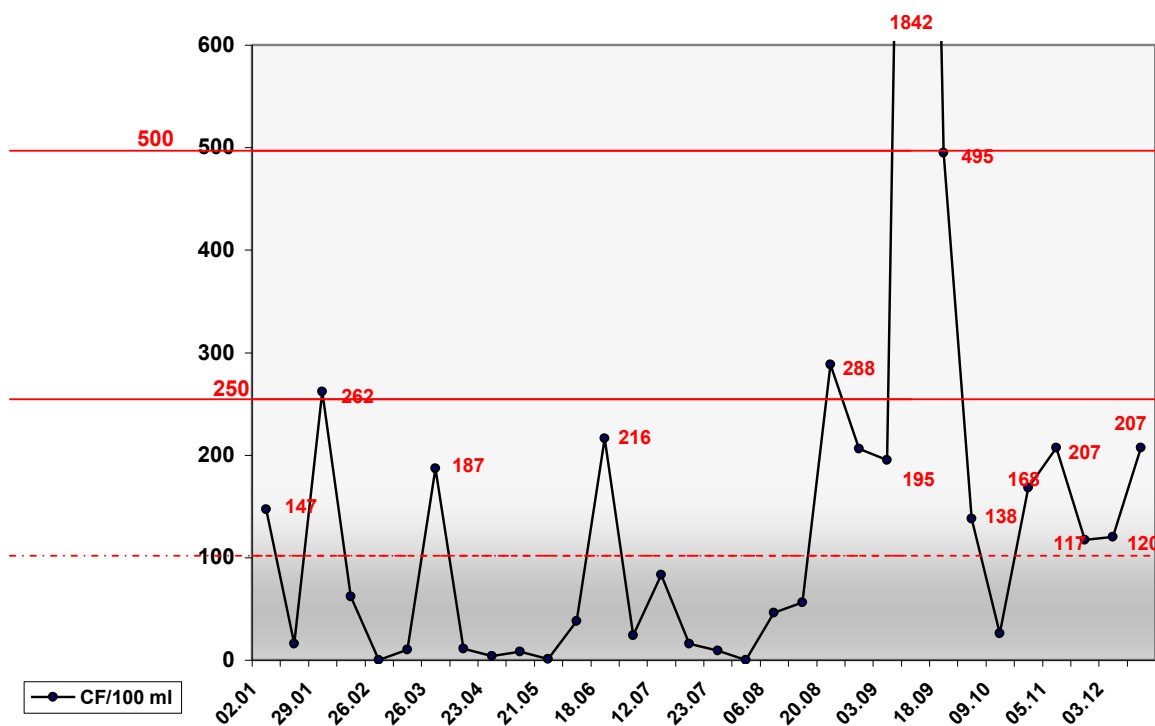


FIGURA 4: Valores puntuales de CF/100 ml en San Cristóbal en 2007

Figura: San Cristóbal 2007-CF/100 ml



Playa de La Laja.

En la zona de baños de la playa de La Laja, más lejana de las fuentes de contaminación, encontramos entre 1997 y 2002 un comportamiento muy diferente de los percentiles 95 de CF (Figura 5) hasta tal punto que las aguas de baño presentan Calidad Excelente salvo en 1997 que sólo es Calidad Buena. Sin embargo, en el período 2006 a 2008 el percentil 95 de CF no alcanza la calidad Excelente y en los dos últimos años 2007 y 2008 sobrepasa el límite de Calidad Buena, obteniendo calidad Insuficiente que impediría la Bandera Azul en los tres años (Figura 6).

FIGURA 5

Figura . Playa de La Laja. Evaluación de la calidad bacteriológica de las aguas de baño. Años: 1997-2002. Parámetro: *Escherichia coli*.

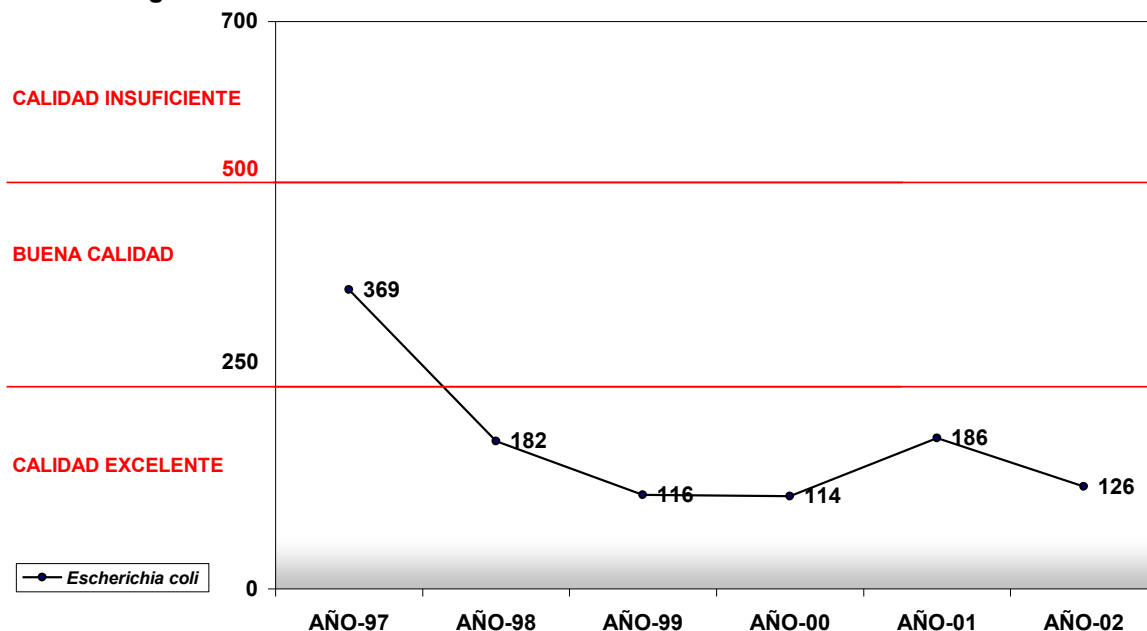
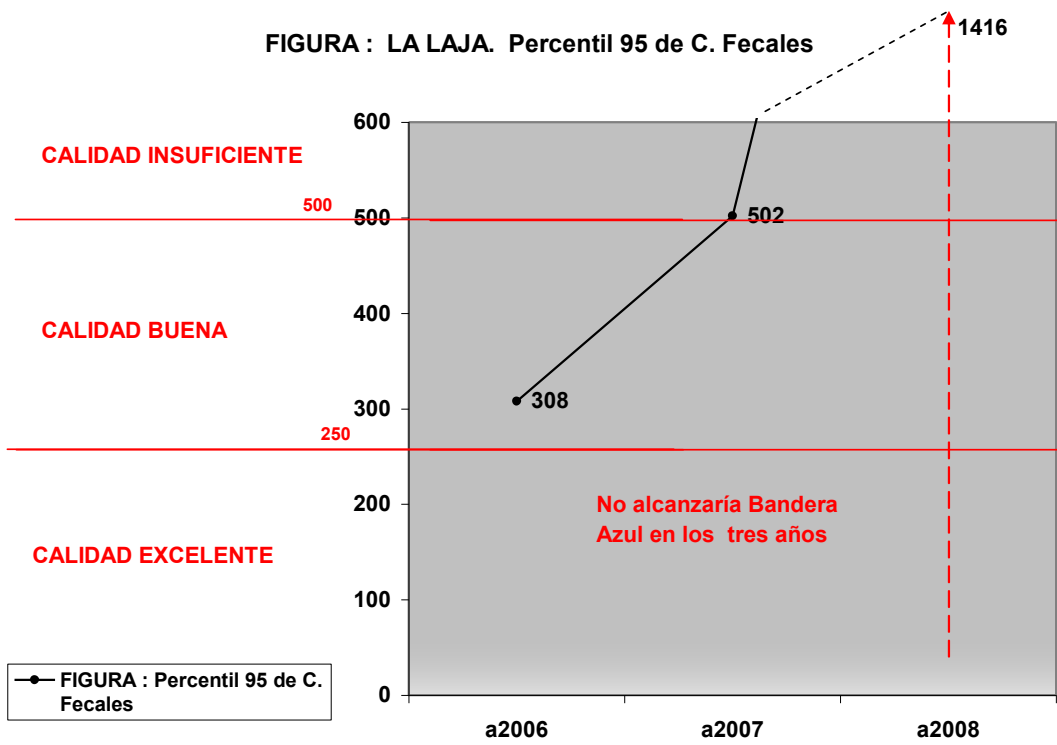


FIGURA 6



En cuanto a los valores de las concentraciones de *E. coli* durante los muestreos de 2008 y 2007 (figuras 7 y 8, respectivamente) se obtiene un comportamiento similar al de San Cristóbal aunque con picos más moderados.

FIGURA 7

FIG. LA LAJA 2008 CF/100 ml

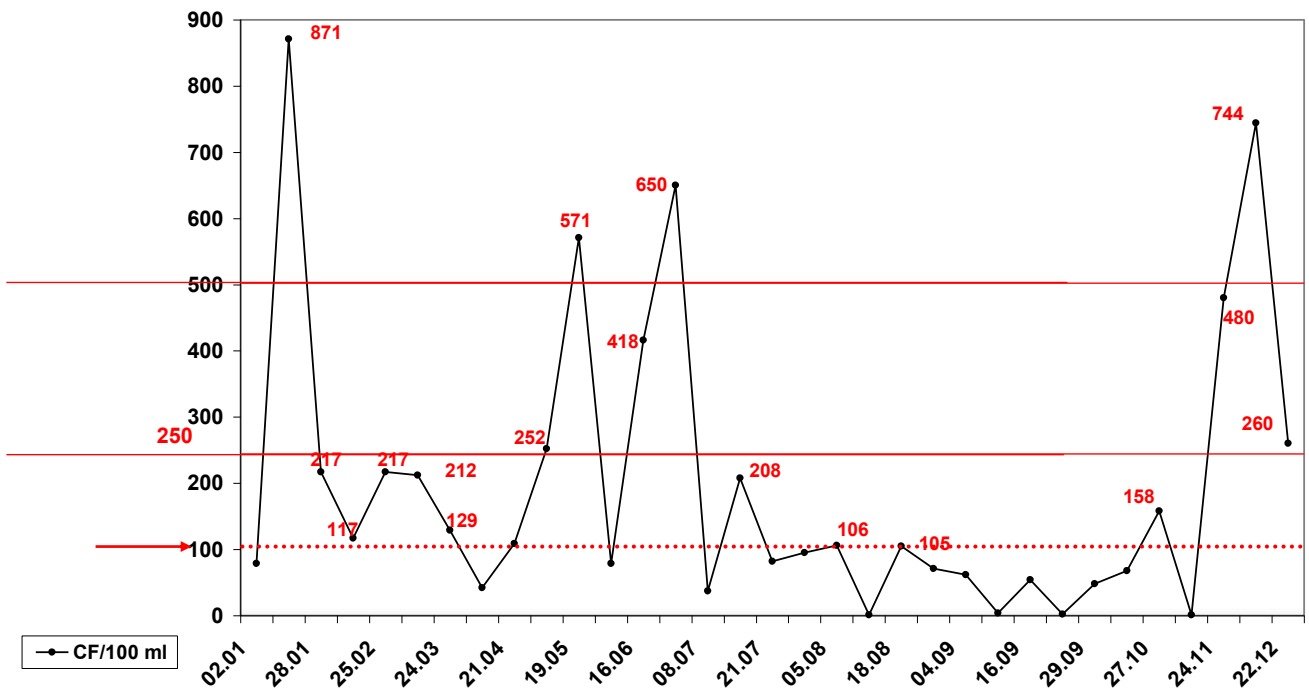
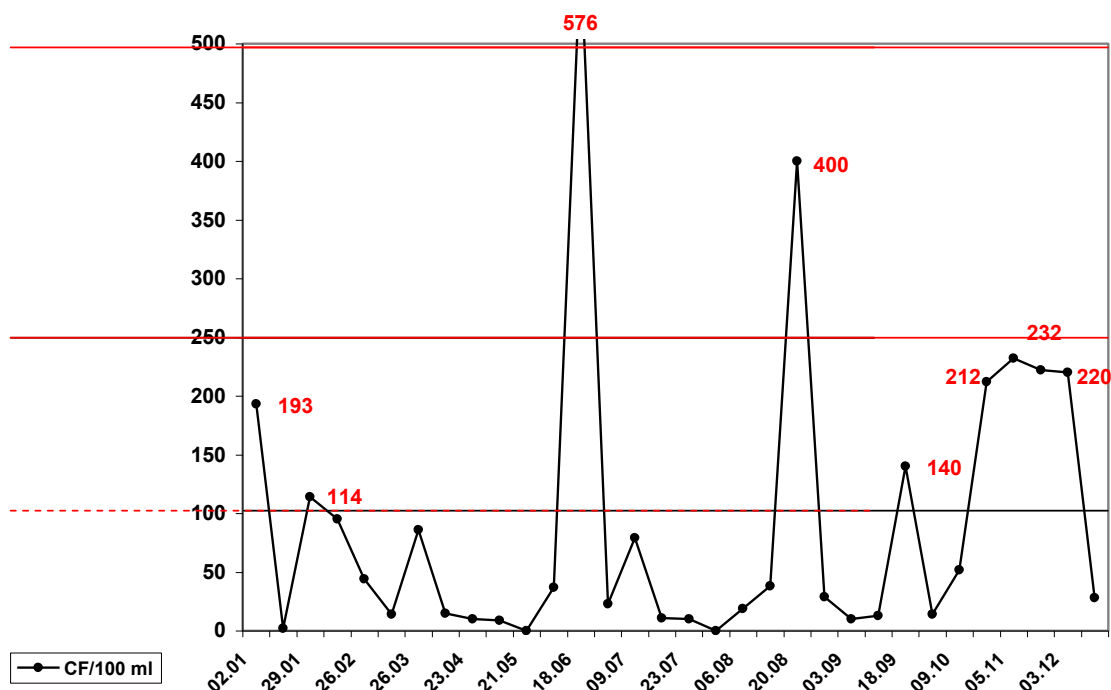


FIGURA 8

La Laja 2007. Concentraciones CF/100 ml



CONCLUSIONES

Existe una estrecha relación entre los tres factores:

1. Comunidades de macrófitas creciendo profusamente en las rasas intermareales y en las escolleras.
2. Elevadas concentraciones bacterianas en zonas de baño y
3. Vertidos de aguas residuales, a lo largo de toda la costa, desde Alcaravaneras hasta La Laja, con especial importancia del emisario submarino.

Es decir: Los vertidos de aguas residuales localizados en la vertiente oriental de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, causados por los numerosos aliviaderos de la red de saneamiento de la ciudad, junto con el emisario submarino (que en su tramo inicial está actuando como un vertido continuo muy caudaloso y en su extremo final vierte también aguas que tienen toda la pinta de estar pésimamente depuradas) y quizá algunos barranquillos que aún deben quedar, todos estos factores están produciendo una eutrofización-contaminación de todo ese litoral, lo cual se evidencia tanto por las densas y exuberantes comunidades de algas macrófitas indicadoras de eutrofización (Ulváceas y Corallináceas) como por la contaminación de las zonas de baño de San Cristóbal y de la Laja, cuyas cifras más recientes obtenidas en este estudio son realmente muy elevadas.

Las oscilaciones que hemos constatado en las concentraciones bacterianas del agua de mar se deben a que las corrientes superficiales marinas no tienen dirección constante sino que cambian como las mareas y el viento, si de componente norte o de componente sur, y también a la aleatoriedad de las emisiones de los aliviaderos de la red de saneamiento.

Barrios históricos de la ciudad pegados al mar y todo el paseo o Avenida Marítima se encuentran constantemente bajo la influencia de un agua muy contaminada, bien en forma de salpicaduras del oleaje como de aerosoles cargados de una flora microbiana muy abundante. Este es un factor adicional de riesgo para la salud dado que no es sólo a través del baño en aguas contaminadas como se establece el contacto con microorganismos infecciosos sino además por la inhalación de microgotas (aerosoles) de agua de mar cargada de estos gérmenes. No se olvide que las aguas fecales urbanas contienen todos los microorganismos patógenos e infecciosos para el ser humano. Otro factor adicional de riesgo para la salud son las actividades pesqueras deportivas, frecuentemente realizadas por la población de la ciudad, además de entrenamiento deportivos y competiciones náuticas tradicionales, en las que también participan niños y jóvenes.

La dinámica marina es de tal magnitud, sobre todo cuando soplan los alisios, que, de una toma de muestras a la siguiente (siete días), la concentración de bacterias indicadoras de contaminación en un lugar de baño puede disminuir en dos o más órdenes de magnitud.

A lo largo de la Avenida Marítima, el Censo de Vertidos desde Tierra al Mar en Canarias de la Consejería de Medioambiente y Ordenación Territorial del Gobierno de Canarias (2008) recoge una serie de aliviaderos relacionados con la Red de Saneamiento de Las Palmas de Gran Canaria que constituyen un indudable aporte de aguas fecales y de eutrofización al litoral oriental de la ciudad de Las Palmas. El emisario submarino, al ser el elemento de vertido más constante y de un caudal considerable a lo largo del tiempo, es uno de los principales factores de contaminación. Este emisario submarino emite en dos puntos: en su origen en tierra por una rotura crónica y mar adentro a través de los difusores. Es probable, además, que emita aguas no suficientemente depuradas.

En la serie de fotografías que hemos expuesto, obtenidas durante décadas, queda patente que estos vertidos provienen de muy antiguo, período de tiempo en el que la ciudad ha crecido sobremanera

BIBLIOGRAFÍA.

Censo de Vertidos desde tierra al mar en Canarias, 2008. *Actualización del Censo de Vertidos desde Tierra al Mar en Canarias*. Consejería de Medioambiente y Ordenación Territorial. Gobierno de Canarias.
http://www.gobiernodecanarias.org/cmayot/medioambiente/calidadambiental/vertidos/gran_canaria.html

O' Shanahan Roca, L.; J. R. Betancor, M. L. Pita. 2008. Estudio sobre la contaminación de la playa de La Garita (Telde, Gran Canaria): Calidad bacteriológica de las aguas de baño, poblamiento de macroalgas indicadoras y factores de contaminación. Informe Técnico del Instituto Canario de Ciencias Marinas-Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información, nº 375, 9 de septiembre de 2008.

O'Shanahan Roca, Leopoldo. (1988). *Estudios Microbiológicos de los Vertidos de Aguas Residuales Urbanas en el Litoral de Telde y Las Palmas de Gran Canaria*. Tesis Doctoral. Departamento de Biología. Universidad Politécnica de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria, Julio de 1988. 371 pp.

O' Shanahan-Roca, Leopoldo¹ ; Francisco Javier Santana-Hernández², Roberto Santana-Rodríguez³, Sebastián Álvarez-Pastrana⁴, Luis Guitian Iglesias⁵. 2004. Aspectos generales de la calidad bacteriológica de las aguas del litoral de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria. Comunicación para « Biociudad 2004. COMUNICACIÓN-PÓSTER PARA "BIOCIUDAD 2004. FERIA DE LAS ALTERNATIVAS, EL CONSUMO RESPONSABLE Y LA SALUD NATURAL" 26, 27 Y 28 DE MARZO DE 2004. AYUNTAMIENTO DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA.

¹ Biólogo. Coordinador de Programas. Instituto Canario de Ciencias Marinas. Gobierno de Canarias.

² Biólogo. Grupo CAFMA. ULPGC.

³ Biólogo. Servicio de Medio ambiente del Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria.

⁴ Técnico de Laboratorio del Instituto Canario de Ciencias Marinas.

⁵ Ingeniero Industrial. Instituto Canario de Ciencias Marinas.

Arévalo, Raquel; Susana Pinedo, Enric Ballesteros *. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin* 55 (2007) 104–113.

Ballesteros, Enric; Susana Pinedo, Raquel Arévalo., 2007a. Comments on the development of new macroalgal indices to assess water quality within the Mediterranean Sea: A reply. *Marine Pollution Bulletin* 54 (2007) 628–630.

Ballesteros, Enric*, Xavier Torras, Susana Pinedo, María García, Luisa Mangialajo, Mariona de Torres. 2007b. A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the

European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55 (2007) 172–180

Pinedo, Susana*, María García, Maria Paola Satta, Mariona de Torres, Enric Ballesteros. 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality: A case study in the Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* 55 (2007) 126–135.

Bibliografía citada por Ballesteros y colaboradores, 2007:

Arnoux and Bellan-Santini, 1972; Ballesteros *et al.*, 1984; Bellan-Santini, 1966 ; Bellan-Santini, 1965 ; Bellan and Bellan-Santini, 1972; Bellan-Santini, 1968 (Influence de la pollution sur les peuplements benthiques. *Revue Internationale d'Océanographie Méditerranéenne* 10, 27–53.)

Belsher and Boudouresque, 1976; Belsher, 1977; Belsher, 1979; Bokn *et al.*, 1996; Borowitzka, 1972; ; Boudouresque, 1971 ; Chryssovergis and Panayotidis, 1995; Díez *et al.*, 1999. ; Fairweather, 1990; (Feldmann, 1937; Giaccone, 1991 ; Golubic, 1970; Gorostiaga and Díez, 1996; Gros, 1978 ; Hoffmann *et al.*, 1988; Janssen *et al.*, 1993; Kadari- Meziane, 1994 ; Levine, 1984 ; Littler and Murray, 1975; Middelboe and Sand-Jensen, 2000 ; Munda, 1974; Munda, 1974; Murray and Littler, 1978; Rodríguez-Prieto and Polo, 1996) ; Soltan *et al.*, 2001 ; Terlizzi *et al.*, 2002 ; Thibaut, 2005 ; Verlaque, 1987 ; Verlaque and Tine, 1979.