



PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

"PROYECTO PARA EL DISEÑO DE BIOTOPOS ARTIFICIALES"

SALINA C.S.I., S.L.

Diciembre 2009

1.- INTRODUCCION

La biodiversidad marina no está distribuida de forma homogénea sino que se concentra preferentemente en los fondos marinos, en los arrecifes de coral, en los montes marinos y fuentes hidrotermales, así como en determinadas zonas de las plataformas continentales. Estos lugares constituyen verdaderos focos de biodiversidad rodeados por inmensas extensiones relativamente desiertas. Precisamente por esta razón, esos ecosistemas suelen atraer a un gran número de predadores, entre ellos los peces, y por ello se convierten inevitablemente en el centro de atención de la pesca comercial, así como de otros interesados

La escasa plataforma continental canaria, la esquilmación tanto del banco canario – saharauí como de las zonas costeras, el pobre aporte de aguas dulces y la escasez de accidentes orográficos que fomenten el alevinaje constituyen un conjunto de elementos que han empobrecido tanto el negocio pesquero en toda su extensión como los fondos marinos del archipiélago.

Esta situación aconseja abrir nuevas vías a la pesca artesanal a la par que se diversifica el sector y se atiende a una importante demanda turística que fortalecerá el nivel de vida de los habitantes de las zonas costeras, en línea con las recomendaciones y objetivos estratégicos del Fondo Europeo de la Pesca y del Plan Estratégico Nacional.

2.- OBJETIVOS GENERALES

El objetivo primario del “*Proyecto para el diseño de biotopos artificiales*” es proporcionar las bases para diseñar un medio físico artificial (arrecife), apoyado sobre el fondo marino, que proporcione espacios abrigados y vegetados aptos para la cría y la alimentación de fauna marina variada, en particular de especies que son objeto de pesca comercial en las aguas costeras.

El segundo objetivo es dotar a aquel medio físico de unas características formales que propicien su utilidad como recurso recreativo dirigido al buceo deportivo. Este objetivo va ligado al anterior, en el sentido de que la abundancia y diversidad de fauna será un ingrediente básico del atractivo del lugar para los buceadores. Este segundo objetivo puede considerarse enmarcado en la política oficial de potenciación de la diversidad de la oferta recreativa disponible para el turismo y la población isleña. En la actualidad puede decirse que los buenos sitios para el buceo deportivo son relativamente pocos en la isla, por lo cual están a menudo saturados de usuarios.

La primera fase propuesta para desarrollar el “*Proyecto para el diseño de biotopos artificiales*” promovido por la Viseconsejería de Pesca del Gobierno de Canarias, es el presente documento “*Pruebas de colonización de substratos*”. El objetivo de este estudio es el de contrastar la aptitud y el comportamiento de diversos materiales y texturas desde el punto de vista de la colonización biológica. Los materiales elegidos

debían de cumplir con el requisito de ser los mas adecuados estructuralmente para construir un arrecife artificial.

3.- PRUEBAS PARA CONTRASTAR EL COMPORTAMIENTO DE COLONIZACIÓN DE LOS SUBSTRATOS MATERIALES

3.1. Introducción.

Los arrecifes artificiales son según define la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) un medio para atraer y concentrar diversos grupos de organismos marinos, con la finalidad de incrementar la producción pesquera del medio.

Para algunos autores la concentración de peces en estas estructuras está determinada por tres causas principales: el comportamiento de agregación propio de determinadas especies, la disponibilidad de refugio y alimento, y la tendencia de los peces a orientarse o agregarse cerca de un objeto sólido que rompa la uniformidad del entorno.

3.1.1.- Situación actual en el archipiélago canario

Todos los complejos arrecifales instalados por el Gobierno autónomo en Canarias han sido construidos con unidades de hormigón, diseñados al efecto para evitar su deterioro por la corrosión marina. Su construcción ha sido sencilla, con técnicas e instalaciones simples y no demasiado costosas. El diseño adaptado proporciona estabilidad frente al oleaje y las corrientes, con un coste de construcción, transporte, instalación y mantenimiento relativamente bajo. Se estimó que, con un buen diseño, la vida útil podría ser de hasta 50 años.

La legislación española exige que los arrecifes artificiales no causen trastornos apreciables en la dinámica litoral, no afectando a las playas próximas. Además, no deben molestar a la navegación comercial, debiendo situarse en lugares idóneos para el estudio de los efectos ecológicos y económicos producidos sobre las especies marinas y las actividades pesqueras de la zona.

Algunas características que se tuvieron en cuenta para seleccionar la zona de ubicación de los arrecifes artificiales instalados por el Gobierno autónomo:

- La profundidad, la suficiente como para no interferir la navegación marítima (15-30m).
- La altura de los módulos, no debería interferir con la navegación ni afectar claramente al oleaje, y por lo tanto, a la estabilidad de las playas próximas.
- Seleccionar áreas de fondo arenoso.
- Evitar impacto negativo sobre la fauna y flora marina del lugar.
- Ubicación próxima a alguna instalación portuaria que facilitara y sirviera de base para su vigilancia y control.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

Posteriormente a la instalación de los complejos se considero un plan de seguimiento, considerando aspectos biológicos, químicos y físicos.

Los parámetros estudiados con cierta periodicidad fueron los siguientes:

- Comunidades fito y zooplanctónicas.
- Productividad primaria y producción.
- Parámetros físico-químicos.
- Nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos, silicatos, fósforo y nitrógeno total).
- Materia en suspensión.
- Perfiles de penetración de la luz.
- Perfiles de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto.
- Asentamiento (colonización) y sucesión de comunidades bentónicas (fauna y flora) asociadas a las estructuras sumergidas.

3.1.2.- Objetivo de las pruebas de colonización de substratos

Nuestro objetivo es el anclaje de una estructura artificial compuesta por distintos materiales, con la finalidad de evaluar la calidad y velocidad de repoblación por parte de macroalgas de los distintos materiales a fin de encontrar el mejor material para construir o recubrir un arrecife artificial, para incrementar la apetencia de estas estructuras en la agregación de la fauna ictia, sirviendo no solo como refugio sino además favoreciendo la concentración de biomasa y como lugar de pastaje y cría.

La luz, la sedimentación, el pastoreo, y la renovación de agua se han destacado en repetidas ocasiones como factores determinantes importantes en la estructura de las comunidades de macroalgas (Schiel y Foster, 1986; Witman & Dayton, 2001). A su vez, el reconocimiento de efectos interactivos entre los procesos físicos y biológicos pueden facilitar el desarrollo de modelos predictivos sobre la estructura y el mantenimiento de la heterogeneidad de las comunidades submareales (Connell, 2005).

3.2 Material y método

3.2.1.-Área de estudio y diseño de muestreo.

La zona de estudio elegida inicialmente para fondear los materiales a muestrear, se localizo en la bahía de las canteras, en el interior de la dársena del arrecife, a 4 metros de profundidad. Se colocaron las muestras en el fondo de la dársena de Las Canteras el 18 de Noviembre del 2008. La estructura que soportaba las muestras se perdió al mes de fondearla porque la relación entre el ancho de la estructura y la profundidad era demasiado alta, esto provoco que las corrientes de salida socavaran el perímetro de la instalación y los pernos de anclaje que la cimentaban al fondo.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS



Foto 1.- Detalle de la estructura fondeada el 18 de Noviembre de 2008. (M.A. García Campos, Noviembre 2.009).



Foto 2.- Conjunto de materiales a muestrear colocados sobre una nasa modificada. Esta estructura pertenece a la primera serie fondeada el 18 de Noviembre de 2008. (M.A. García Campos, Noviembre 2.009)

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

El 12 de Marzo del 2009 se realizo un segundo intento y definitivo en la Bahía del Confital (Bajo Fernando) a 18-20 metros de profundidad. En esta localidad se colocó una estructura artificial compuesta por diversos materiales de diferente naturaleza. La estructura base sobre la que se dispuso los diferentes materiales era una nasa modificada para la ocasión mediante soportes adicionales soldados.



Foto 3.- Fondeo de los materiales a muestrear en el Bajo Fernando el 12 de Marzo de 2009. (Vicente Benítez Cabrera, Marzo 2.009).

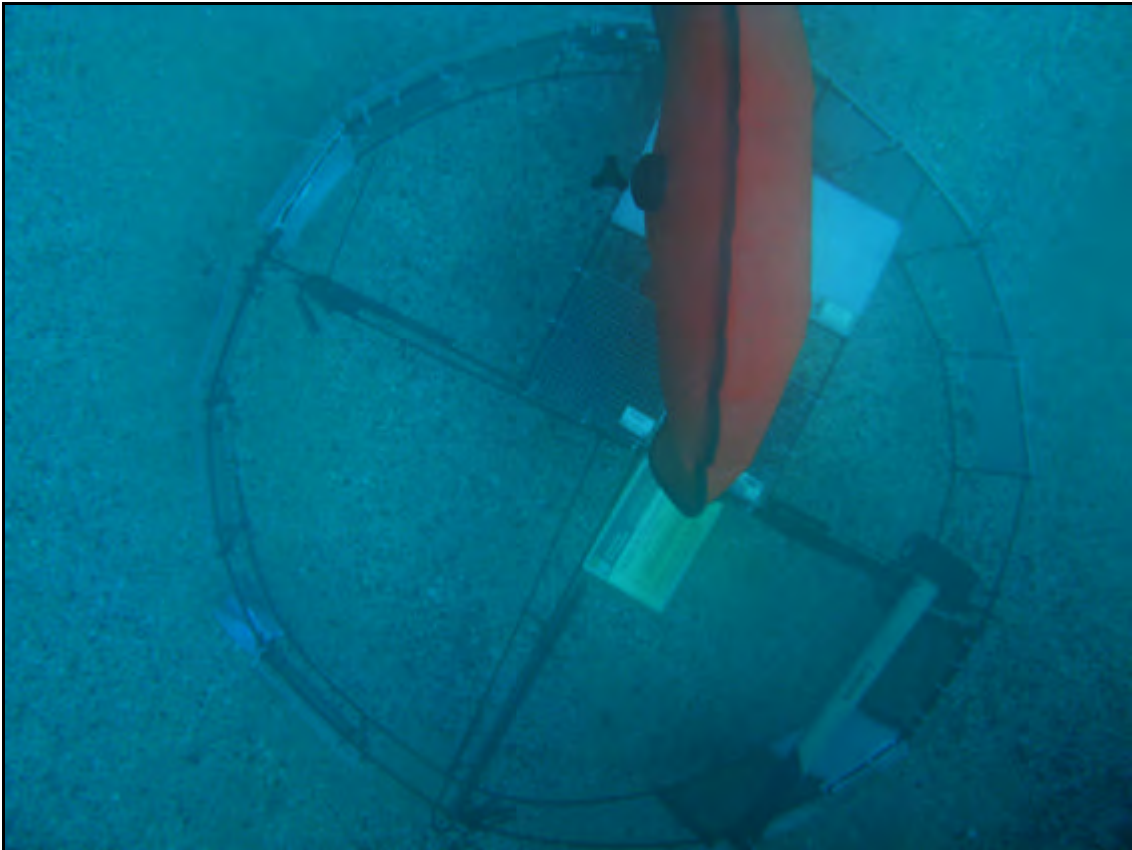


Foto 4.- Vista del fñdeo definitivo de la estructura en el Bajo Fernando. (Vicente Benítez Cabrera, Marzo 2.009).

Los distintos materiales que se muestrearon son:

- Poliéster reforzado con fibra de vidrio y terminación lisa. Plancha de 25x25 cm.
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio y terminación rugosa. Plancha de 25x25 cm.
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio y terminación con arena. Plancha de 25x25 cm.
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio y terminación con grava. Plancha de 25x25 cm.
- Malla de polietileno de 5 mm. de apertura. Dimensiones 25x42 cm.
- Malla de polietileno de 1.5 mm. de apertura. Dimensiones 25x42 cm.
- Malla de polietileno de 1 mm. de apertura. Dimensiones 25x42 cm.
- Geotextil tejido de 25x42 cm.
- GRC (micro-hormigón reforzado con fibra de vidrio) terminación lisa de 25x15 cm.
- GRC (microhormigón reforzado con fibra de vidrio) terminación rugosa de 25x15 cm.
- GRC (microhormigón reforzado con fibra de vidrio) terminación estriada de 25x15 cm.
- Hormigón de dimensiones 25x25 cm.
- Acero inoxidable de dimensiones 25x25 cm.
- Piedra volcánica de dimensiones 20x20 cm.
- Tubo de PVC de 30 cm. de diámetro por 42 de altura.

Los materiales más interesantes bajo los puntos de vista estructural, funcional y de puesta en obra, en principio, son el poliéster reforzado con fibra de vidrio y el GRC que es un microhormigón reforzado con fibra de vidrio. El poliéster lo usan con las autorizaciones oficiales en Japón, por lo que no se esperan inconvenientes ambientales dignos de mención.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

Se quiere contrastar la aptitud del poliéster y el GRC para ser colonizado por las algas, y más en concreto comparar su comportamiento con el de otros materiales que sirvan de referencia, como son el hormigón ordinario, la piedra volcánica, el acero inoxidable y el PVC.

A continuación se representa una serie de 4 fotos donde se puede observar de manera general y específica la ubicación y la descripción de los materiales sobre la estructura fondeada el 12 de Marzo de 2009.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

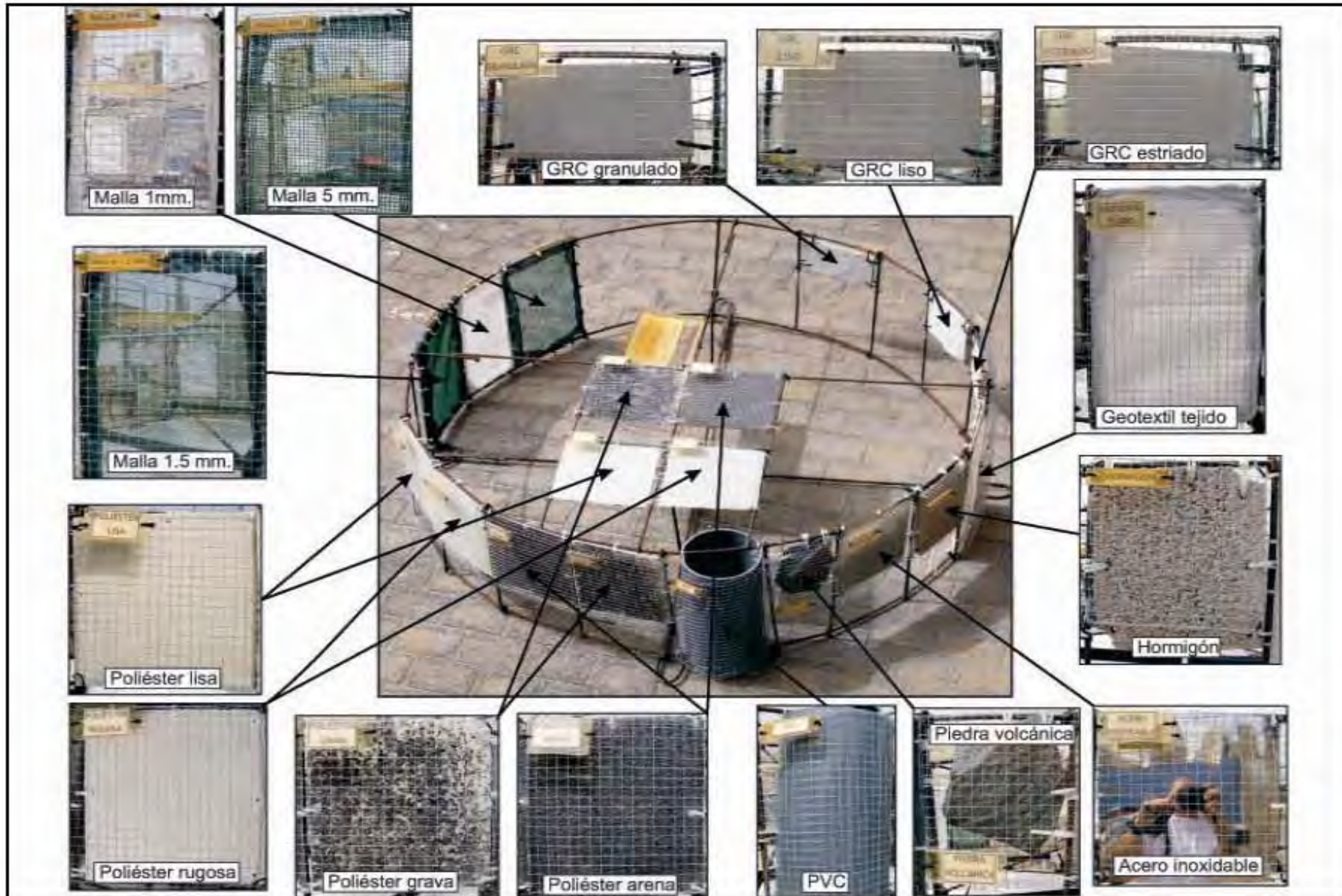


Foto 5.- Descripción de los materiales sobre la estructura fondeada el 12 de Marzo de 2009. (M.A. García Campos, Marzo 2.009).

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

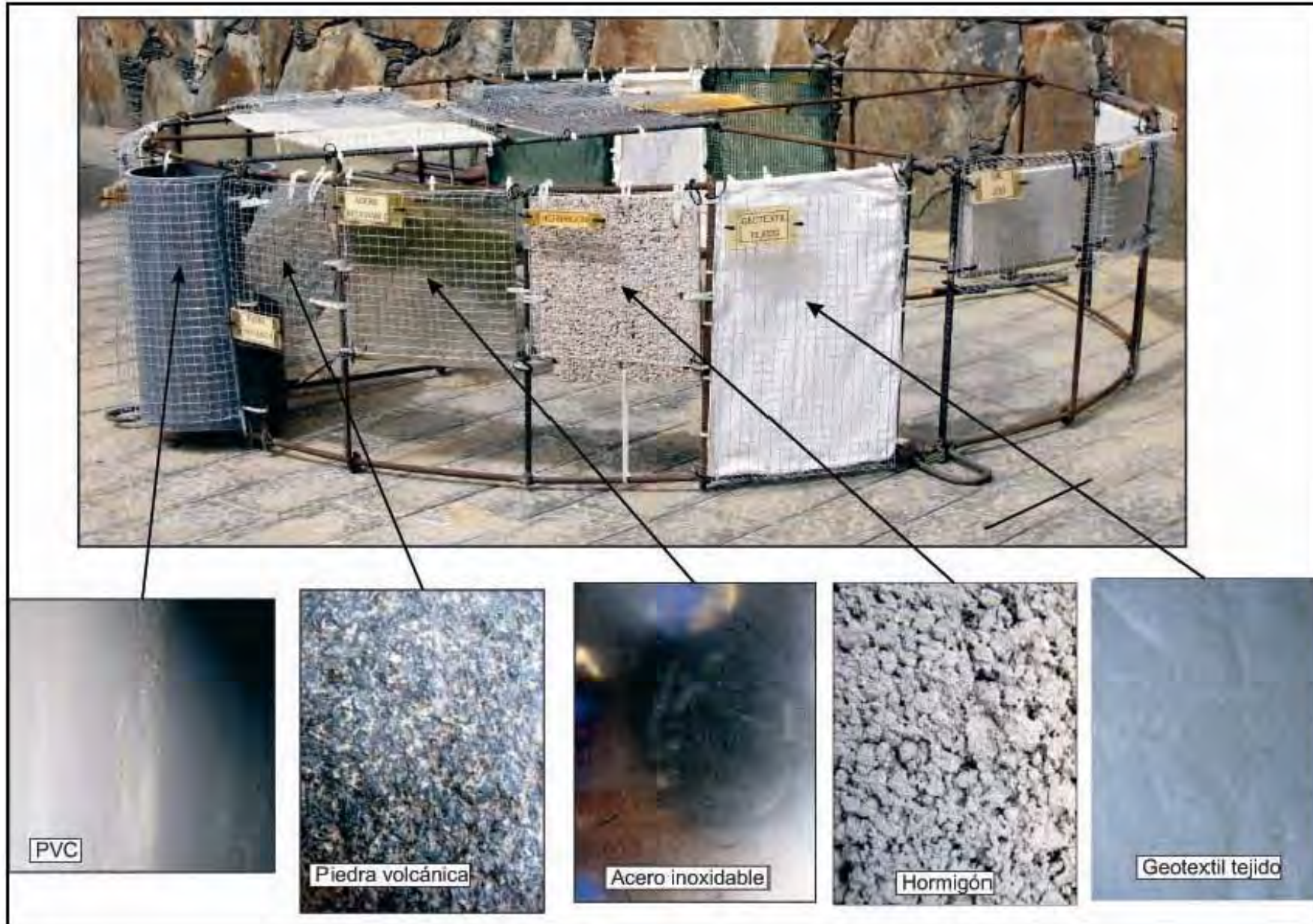


Foto 6.- Descripción de los materiales sobre la estructura fondeada el 12 de Marzo de 2009. (M.A. García Campos, Marzo 2009).

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

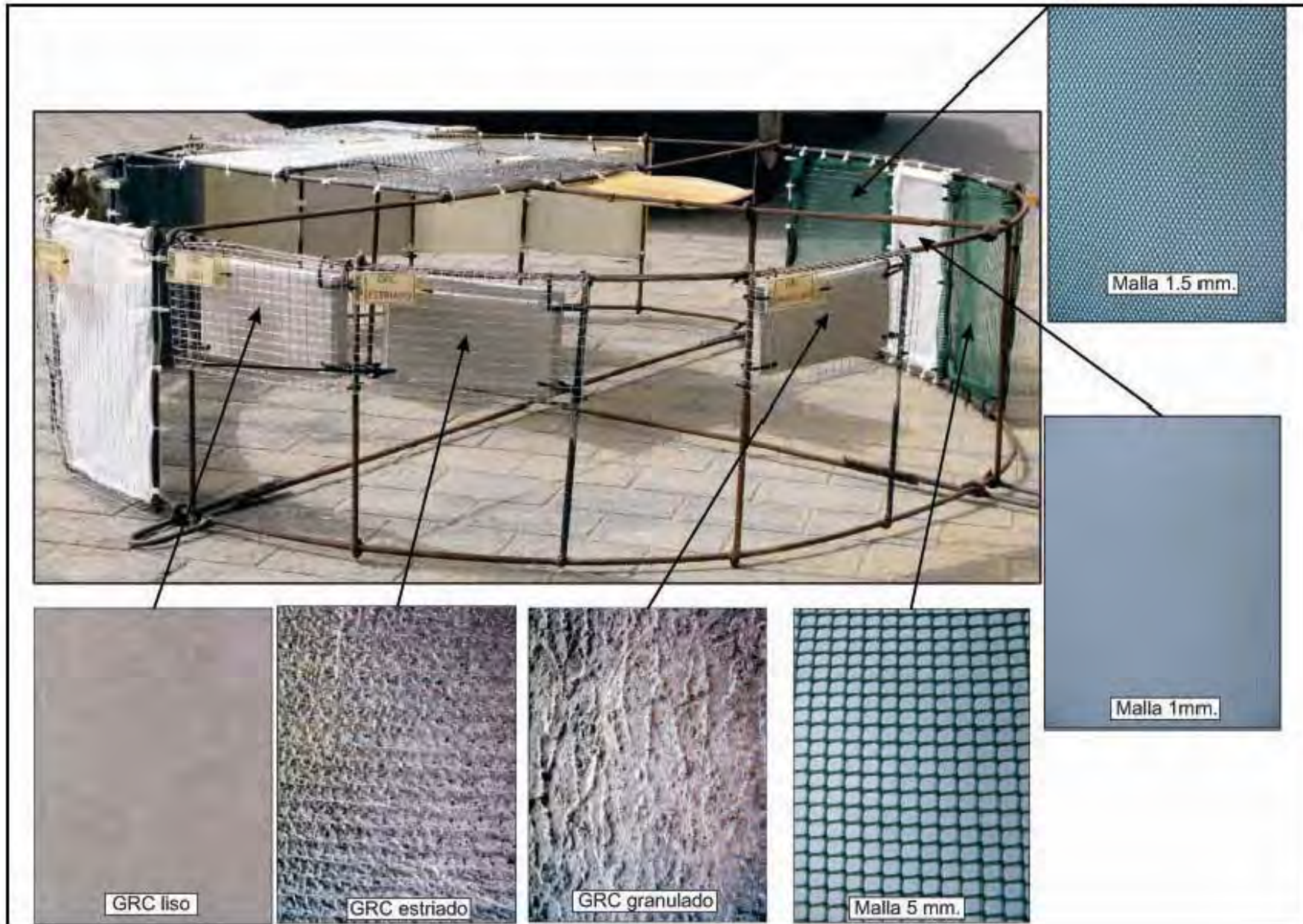


Foto 7.- Descripción de los materiales sobre la estructura fondeada el 12 de Marzo de 2009. (M.A. García Campos, Marzo 2.009).

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS



Foto 8.- Descripción de los materiales sobre la estructura fondeada el 12 de Marzo de 2009. (M.A. García Campos, Marzo 2.009).

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

A lo largo de un periodo de 7 meses se llevaron a cabo muestreos submareales in situ por parte de buceadores cada 21 días, en los que se tomaran datos de porcentajes de cobertura y riqueza de especies de macroalgas mediante cuadrantes de 25 x 25 cm sobre los distintos materiales. La mayoría de las macroalgas se identificaron in situ, no obstante se realizaron raspados en las superficies para recoger muestras para su posterior confirmación en el laboratorio.

Los valores finales para cada taxón se expresaron en porcentajes. Los taxones que presentaron menos de un 4% de cobertura se omitieron. Las macroalgas fueron clasificadas por grupos morfológicos (Tabla 1), teniendo en cuenta la forma de las algas citadas en la literatura (Steneck & Dethier, 1994; Fowler-Walker & Connell, 2002; McClanahan *et al.*, 2003; Vaselli *et al.*, 2008), y aplicadas anteriormente en el área de estudio (Tuya y Haroun, 2006). En este sentido, se distinguieron a) algas cespitosas, que consisten en pequeñas algas en forma de cojín así como especies filamentosas, por lo general <5 cm de altura (por ejemplo, *Colpomenia sinuosa*, *Dasycladus vermicularis*, *Jania spp.*, *Ceramium spp.*); b) algas frondosas, son erectas y ramificadas (por ejemplo, *Asparagopsis spp.*, *Corallina elongata*, *Dyctiota spp.*, *Padina pavonica*, *Stypocaulon scoparium*, *Stypodium zonale*, *Zonaria tournefortii*), de 1 a 15 cm de altura, que constituyen láminas delgadas y especies de porte arbóreo; y c) por último, algas coralíneas, que consisten en algas calcáreas costrosas (por ejemplo, los géneros *Lithothamnion*, *Lithophyllum*, *Neogoniolithon*, *Titanoderma*), las cuales fueron contadas cuando no estaban cubiertas por otras algas.

3.2.2.-Calendario de muestreo

La estructura se colocó el 12 marzo del 2009. Se programó una serie de muestreos cada 21 días. La finalidad era pasar por el máximo de estaciones para evaluar la variabilidad temporal. Se muestreó la primavera el verano y el otoño completo, desde Marzo hasta Diciembre.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

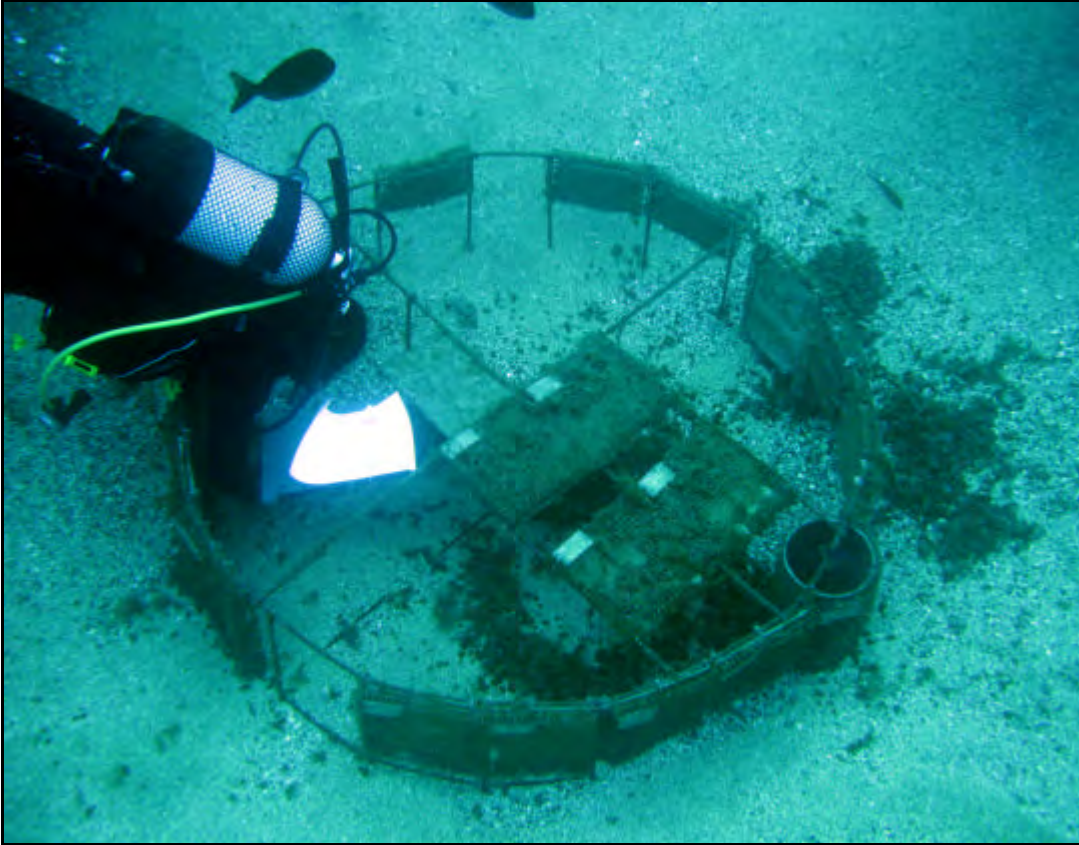


Foto 9.- Vista del estado de colonización de los diferentes materiales a 13 de mayo de 2009, dos meses después de fondear las muestras. (V. Benítez Cabrera, Mayo 2.009).



Foto 10.- Estado de colonización de los materiales a Septiembre de 2009, después de la eclosión algal del verano. (Leonor Ortega Borges, Septiembre 2.009).

3.3 Resultados

Una vez transcurrido el tiempo experimental, y realizado el seguimiento de los distintos materiales, el efecto más significativo es la repoblación de las estructuras por parte de las algas cespitosas de manera mayoritaria, y pocas especies erectas (Tabla 1).

Macroalgas no costrosas		
Cespitosas		Frondosas
Cespitosas	Erectas no ramificadas	Erectas ramificadas
<i>Lophocladia trichoclados</i>		<i>Asparagopsis taxiforme</i>
<i>Cianofitas no identificadas</i>	<i>Lobophora variegata</i>	<i>Dictyota spp.</i>
<i>Cotoniella filamentosa</i>		<i>Styopodium zonale</i>
<i>Filamentosas no identificadas</i>		
<i>Jania rubens adhaerens</i>		
Macroalgas costrosas		
<i>Lithothamnion spp</i>		
<i>Neogoniolithon orotavicum</i>		

Tabla 1. Lista de especies de macroalgas encontradas en los distintos materiales experimentales agrupadas por grupos funcionales.

Un mes y medio después de la implantación de la estructura experimental ya se observó los primeros estadios de colonización por parte de algas de tipo filamentoso y de escaso porte además de poliquetos, algunas cianobacterias y otros invertebrados sésiles (como briozoos, hidrozoos y ascidias). Hacia la mitad de la primavera (mayo 2009) se empezaron a instalar algas de mayor porte como las *Dyctiotas spp.* Tras la primavera y con la llegada del verano y la mayor intensidad lumínica, el número y cobertura de las macroalgas creció rápidamente hasta el fin del tiempo experimental, que coincide con la época más cálida de las aguas superficiales en Canarias (23°-24°).

La colonización de los distintos elementos varió a lo largo del tiempo experimental, encontrando diferencias en la presencia y ausencia de las distintas macroalgas durante el experimento, y una sucesión de ellas (Figuras 1, 2, 3, 4, 5).

Si observamos detalladamente los distintos materiales vemos que para las mallas de polietileno (Figura 1), la que presentó un mayor número de especies algales fue la malla de 1.5 mm, encontrando una menor cobertura de *filamentosas no identificadas* y mayor en algas erectas (*Dyctiota spp.*, *Lobophora variegata*). Aunque la malla de 5 mm presenta una mayor riqueza de especies (Figura 6) pero esta diferencia es pequeña.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

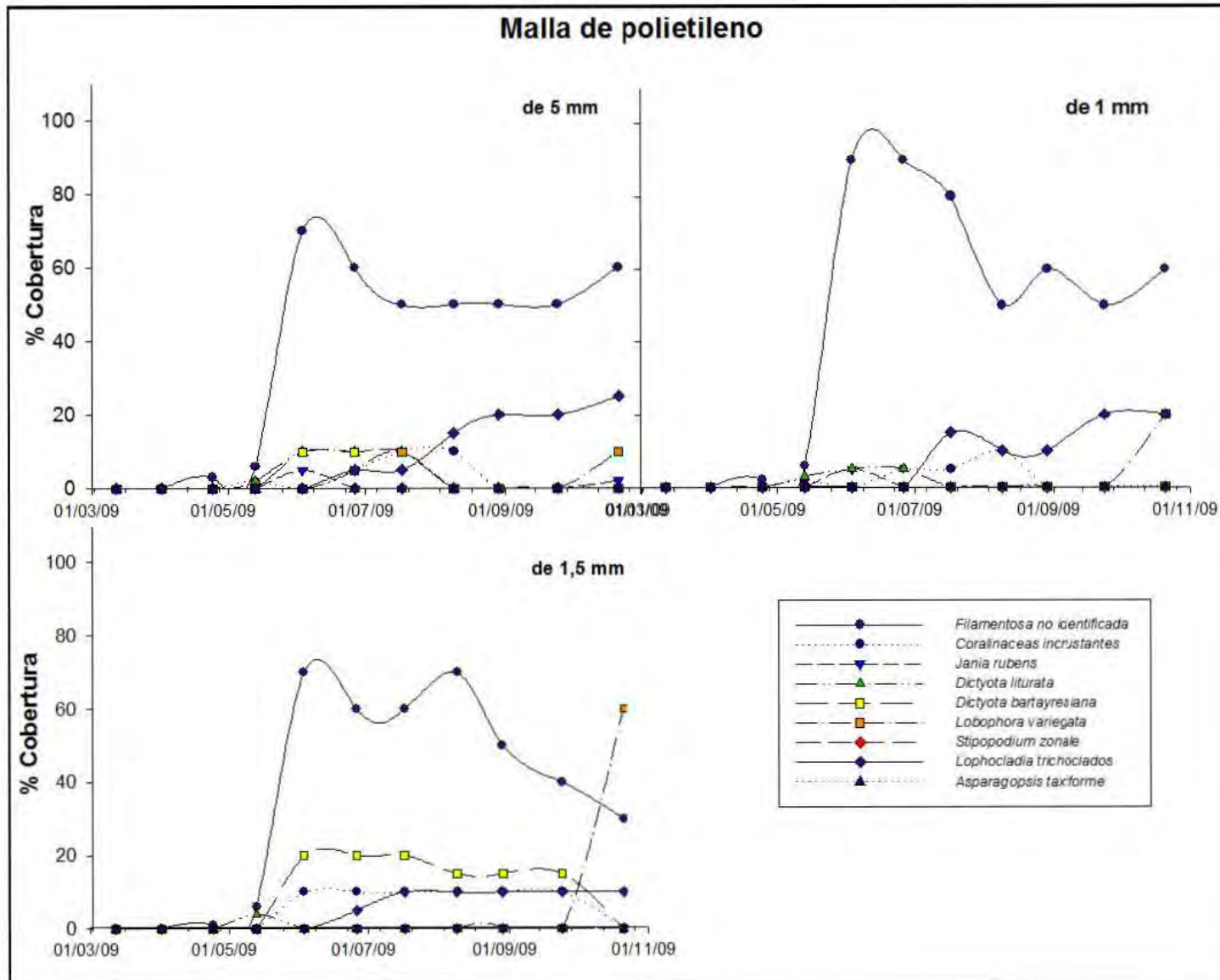


Figura 1. Evolución del porcentaje de cobertura (y barras de error estándar) durante el tiempo del experimento, para cada especie de macroalgas en las mallas de polietileno de distintas medidas.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

En el poliéster reforzado con fibra de vidrio y con diferentes terminaciones (Figura 2), se encontraron diferencias en el porcentaje de cobertura de las distintas macroalgas, fueron los de terminación con arena y grava las que presentaron mayor variación en la colonización de las macroalgas, registrándose tanto macroalgas cespitosas como del grupo de las erectas. Los de terminación lisa y rugosa presenta una mayor cobertura de filamentosas y la rodofita *Lophocladia trichoclados*. Si nos fijamos en la riqueza de especies es en el de arena donde encontramos una mayor riqueza e especies. También se colocaron estos materiales en posición horizontal sobre la estructura experimental, esta diferencia en la posición se aprecia también en las distintas fases de colonización por parte de las macroalgas, posiblemente debido ala mayor disponibilidad de luz en esta posición, sin sombras.

Entre estos materiales el que presentó mayor riqueza y variación fue el de terminación con grava. En todas las demás las de mayor cobertura son las algas filamentosas (Figura 3).

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

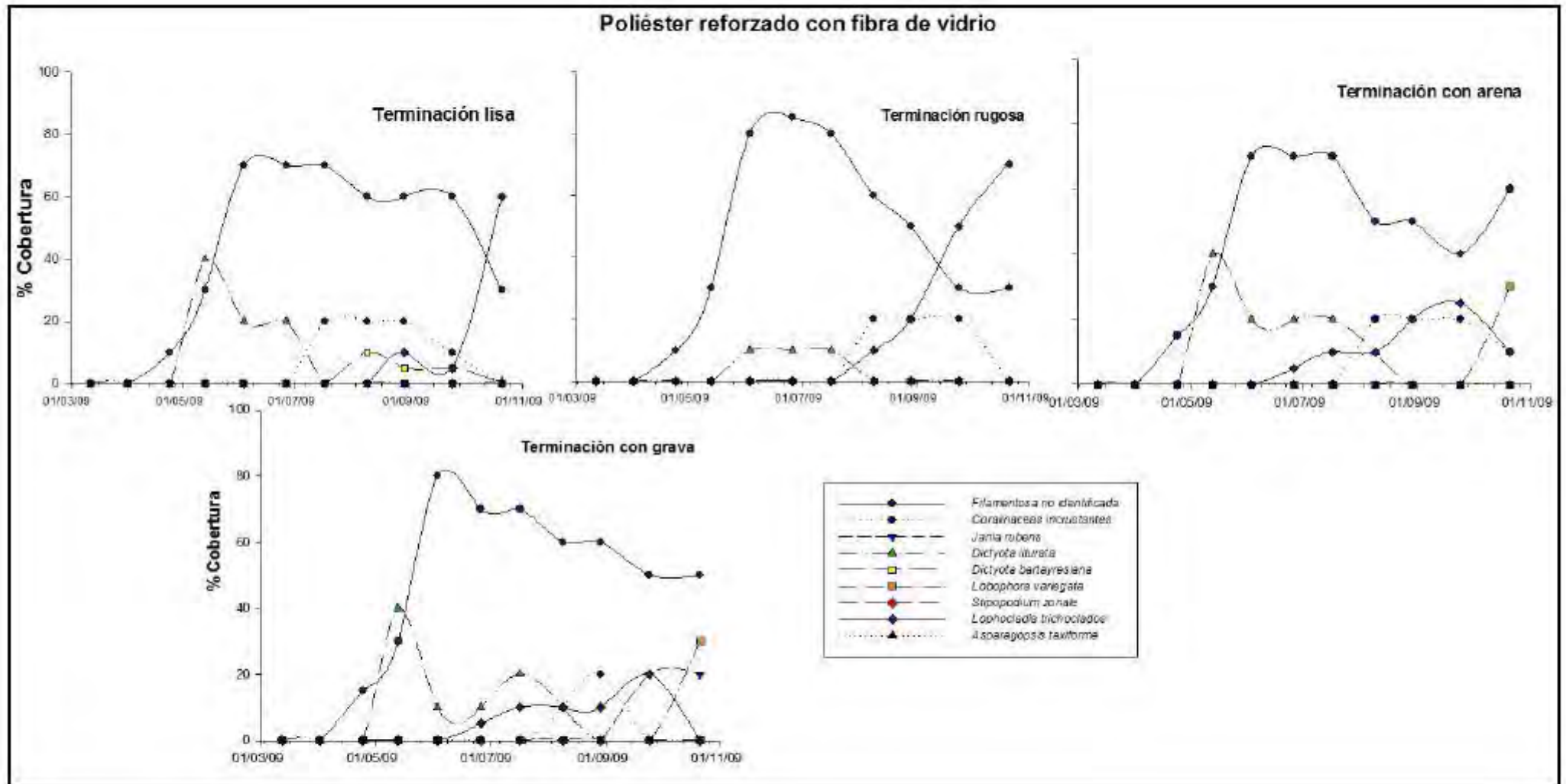


Figura 2. Evolución del porcentaje de cobertura (y barras de error estándar) durante el tiempo del experimento, para cada especie de macroalgas en el poliéster reforzado con distintas terminaciones.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

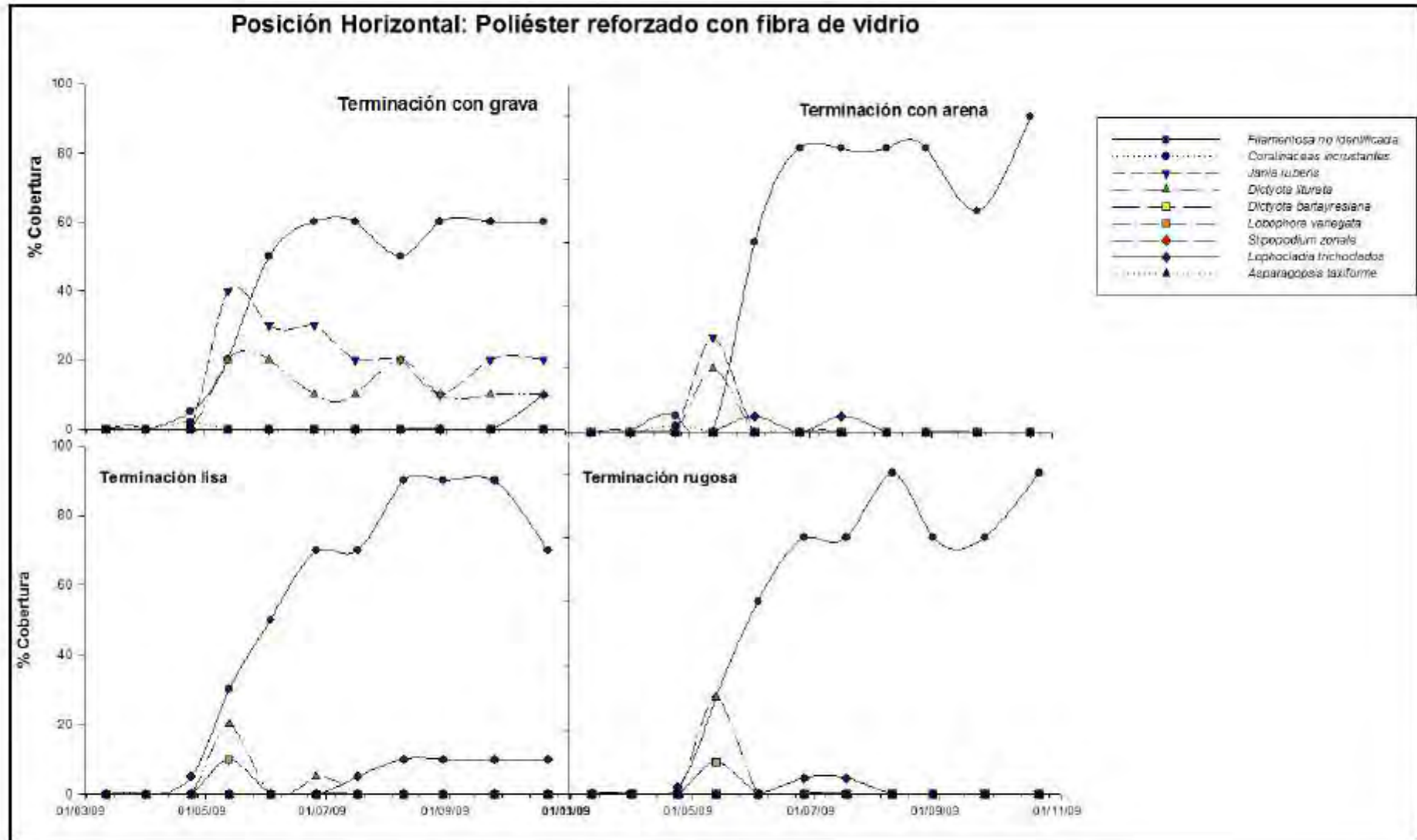


Figura 3. Evolución del porcentaje de cobertura (y barras de error estándar) durante el tiempo del experimento, para cada especie de macroalgas en el poliéster reforzado con distintas terminaciones, en posición horizontal.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

El micro-hormigón reforzado con fibra de vidrio y distintas terminaciones presentó una calidad a la colonización de las macroalgas muy parecida al poliéster reforzado con fibra de vidrio (Figura 4). Se detectaron diferencias entre las distintas terminaciones, y es el estriado el que muestra mayor riqueza de especies, con una menor presencia de filamentosas y una mayor cobertura de erectas ramificadas y no ramificadas.

Si comparamos los resultados de los materiales anteriores con los materiales de referencia dispuestos en la estructura es el Geotextil, puede que el material de menos referencia, el que presenta una mayor variación en la estructura de las macroalgas que colonizan este material (Figura 5), y el PVC el que presenta una mayor riqueza de especies en el momento final del experimento. La mayoría de la superficie de estos materiales estaba cubierta por *filamentosas no identificadas*.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

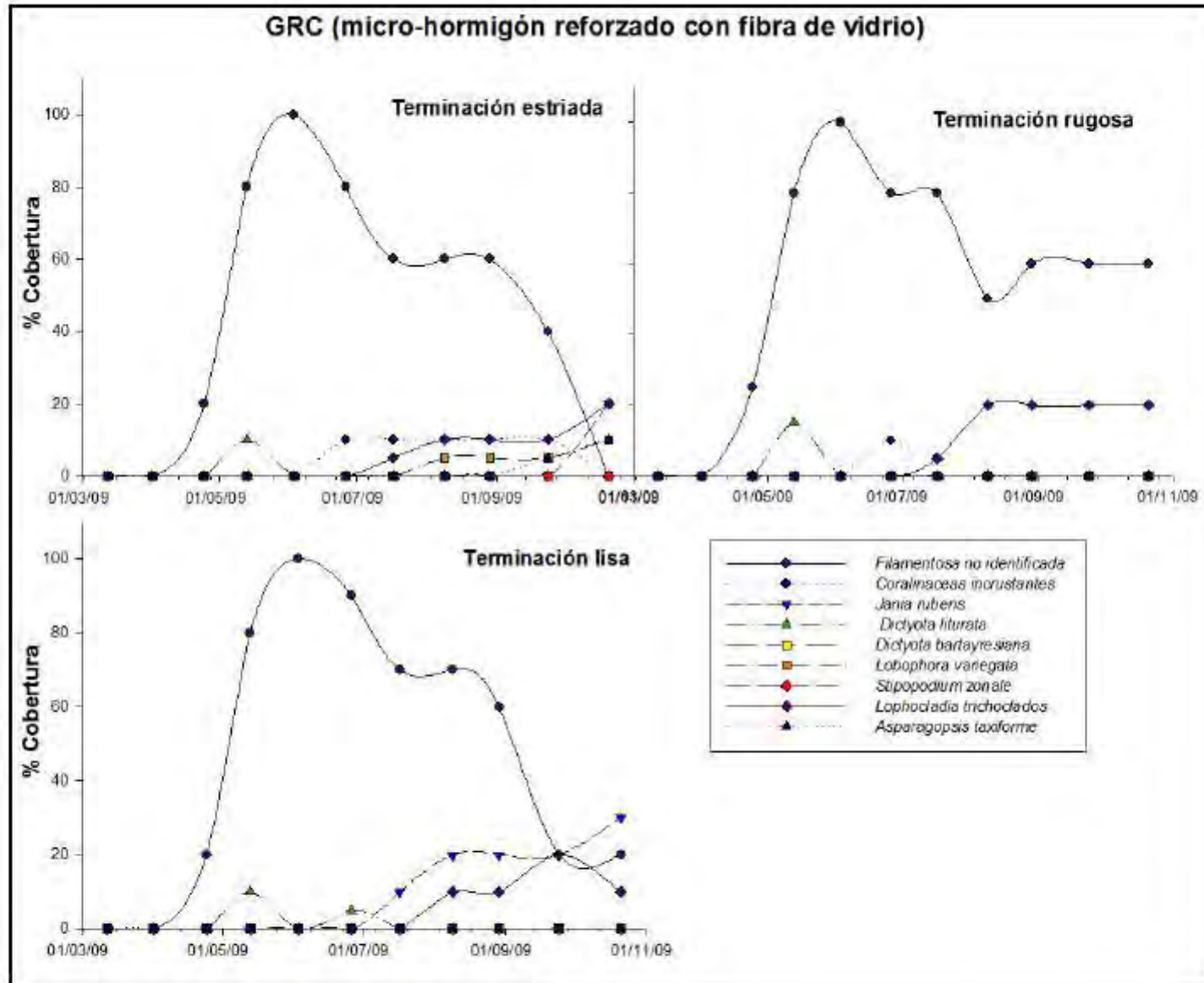


Figura 4. Evolución del porcentaje de cobertura (y barras de error estándar) durante el tiempo del experimento, para cada especie de macroalgas en el GRC con diferentes terminaciones.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

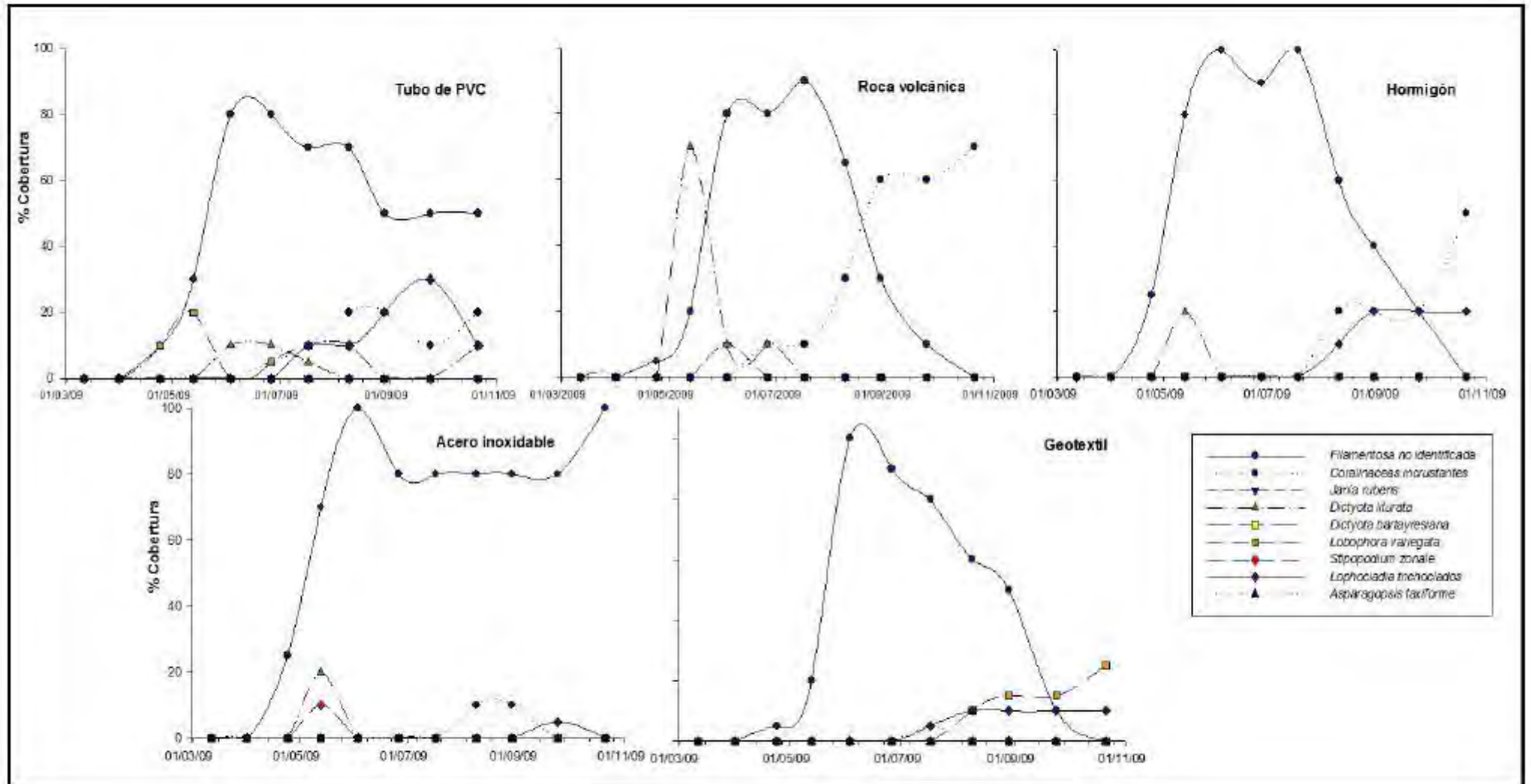


Figura 5. Evolución del porcentaje de cobertura (y barras de error estándar) durante el tiempo del experimento, para cada especie de macroalgas en distintos materiales.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

En el tiempo final del experimento se puede comprobar después de los siete meses de colonización que materiales presentan mayor cobertura de macroalgas y con que calidad. Estos coinciden con la evolución temporal, como son los de poliéster reforzado con fibra de vidrio con terminación de arena y grava, y el GRC con terminación estriada seguida del liso.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

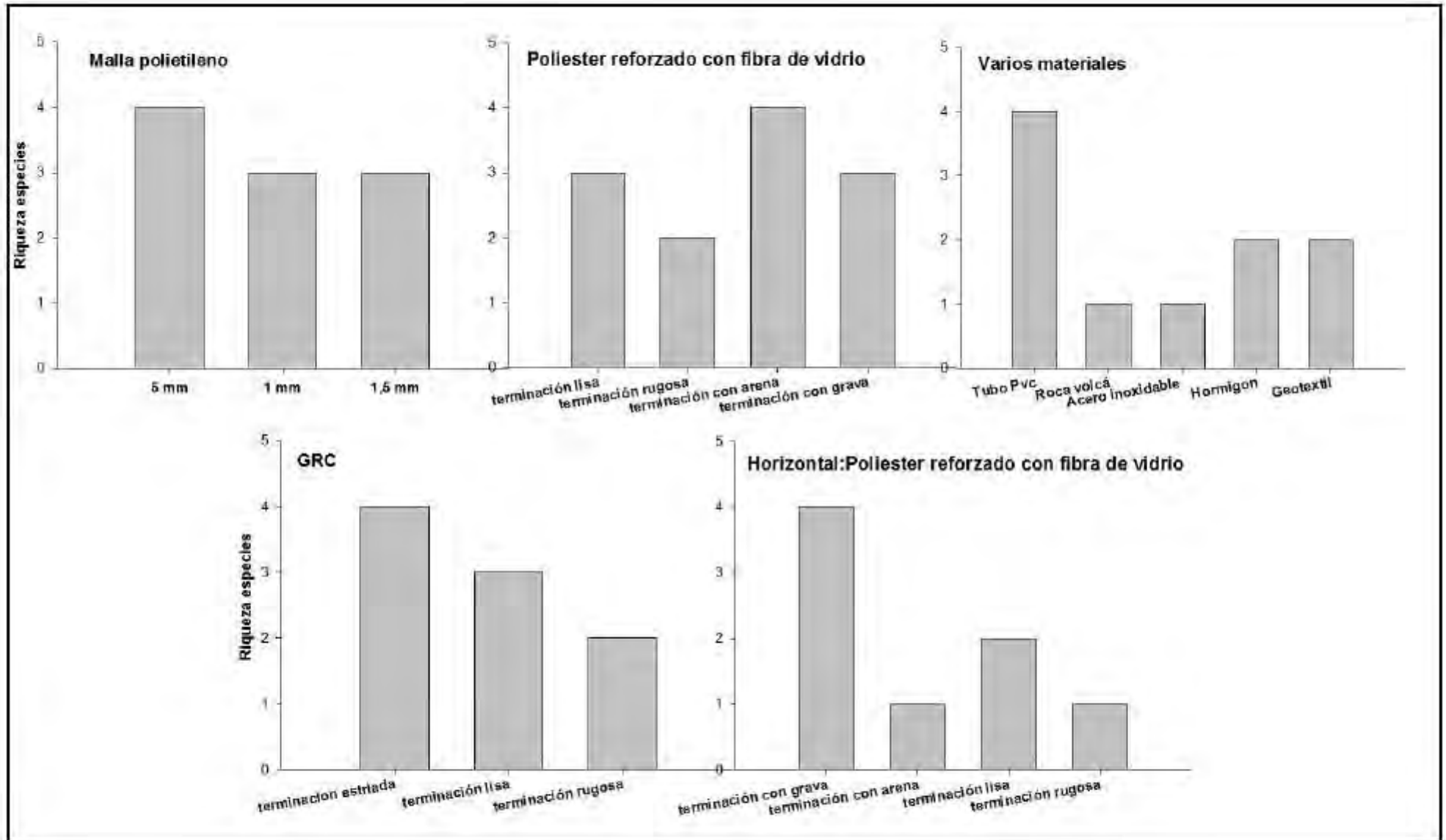


Figura 6. Riqueza de especies de macroalgas en los distintos materiales.

PRUEBAS DE COLONIZACIÓN DE SUBSTRATOS

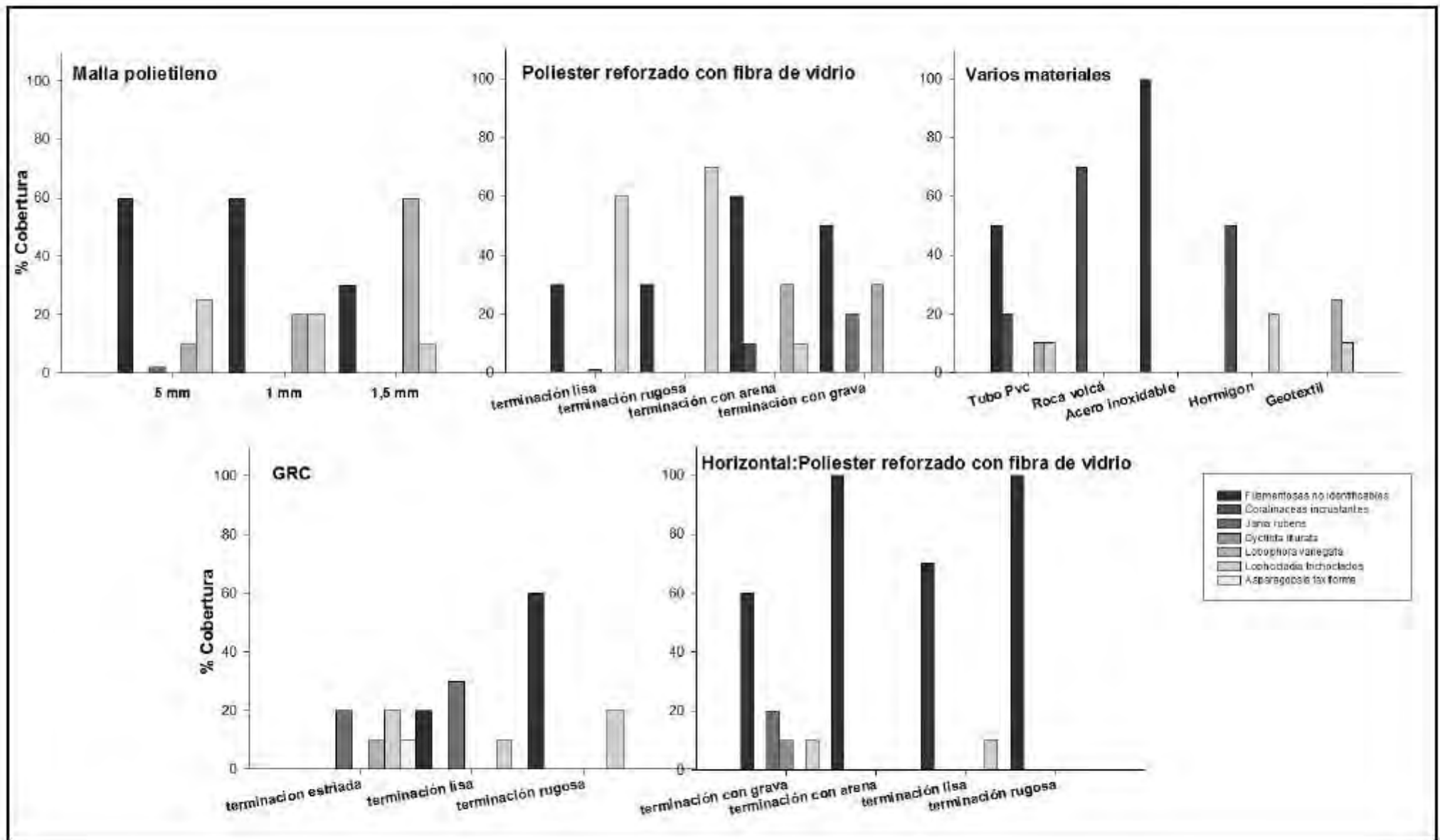


Figura 7. Porcentaje de cobertura de cada especie de macroalgas en cada material propuesto al final del periodo del experimento.

3.4 Discusión

Normalmente, grandes parches del sustrato son colonizados por una serie de especies de macroalgas, principalmente a través de la llegada de propágulos de las poblaciones adyacentes (Airoldi, 2000). En este caso nos encontramos en una zona recién repoblada cerca de la estructura tras la eliminación del erizo de púas largas *Diadema antillarum*-b. Las diferencias en sus habilidades para sobrevivir y posterior crecimiento afectan a la tasa de colonización del parche. Las distintas macroalgas presentan diferencias morfológicas y ecológicas (Steneck & Dethier, 1994; McClanahan *et al.*, 2003), y podría explicar en parte el gran aumento comparativo en la cubierta de algas de tipo cespitoso o filamentosos. En general, la morfología filamentosos (o con forma de cojín) es más eficiente que la más tupida para capturar la luz incidente (Littler *et al.*, 1983b), por ejemplo, el auto-sombreado (auto-degradación) está más limitado en relación con las algas de tipo arbustivo (Littler & Arnold, 1980). Por otra parte, también es posible que la proximidad a la fuente de donantes de propágulos pudiera explicar algunas de estas observaciones. Más enfoques experimentales son necesarios para desentrañar los distintos mecanismos que subyacen a la propuesta de los patrones observados.

Si tuviéramos que elegir algún material como resultado final a este experimento serían varios los recomendados, ya que son los que presentaron mejor capacidad de colonización. Estos son el poliéster reforzado con fibra de vidrio y terminaciones con arena y grava; y los de micro-hormigón reforzado con fibra de vidrio (GRC) con terminación estriada.

3.5 Referencias

- Airoldi, L., 2000. Responses of algae with different life histories to temporal and spatial variability of disturbance in subtidal reefs. *Marine Ecology Progress Series*. **195**, 81-92.
- Connell, S.D., 2005. Assembly and maintenance of subtidal habitat heterogeneity: synergistic effects of light penetration and sedimentation. *Marine Ecology Progress Series*. **289**, 53-61.
- Fowler-Walker, M.J., Connell, S.D., 2002. Opposing states of subtidal habitat across temperate Australia: consistency and predictability in kelp canopy-benthic associations. *Marine Ecology Progress Series*. **240**, 49-56.
- Littler, M.M., Arnold, K.E., 1980. Sources of variability in macroalgal primary productivity: sampling and interpretive problems. *Aquat. Bot.* **3**, 141-156.
- Littler, M.M., Littler, D.S., Taylor, P.R., 1983b. Evolutionary strategies in a tropical barrier reef system: functional form groups of marine macroalgae. *Journal of Phycology* **19**, 223-235.
- McClanahan, T.R., Sala, E., Stickels, P.A., Cokos, B.A., Baker, A.C., Starger, C.J., Jones, S.H., 2003. Interaction between nutrients and herbivory in controlling algal communities and coral condition on Glover's Reef, Belize. *Marine Ecology Progress Series*, **261**, 135-147.
- Schiel, D.R. & Foster, M.S., 1986. The structure of subtidal algal stands in temperate waters. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. **24**, 265-307.

- Steneck, R.S., Dethier, M.N., 1994. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos* **69**, 476-498.
- Tuya, F., Haroun, R.J., 2006. Spatial patterns and response to wave exposure of photophilic algal assemblages across the Canarian Archipelago: a multiscaled approach. *Marine Ecology Progress Series* **311**: 15-28.
- Vaselli, S., Bertocci, I., Maggi, E., Benedetti-Cecchi, L., 2008. Effects of mean intensity and temporal variance of sediment scouring events on assemblages of rocky shores. *Marine Ecology Progress Series* **364**, 57-66.
- Witman JD & P Dayton. 2001. Rocky subtidal communities. En: Bertness MD, SD Gaines & ME Hay (eds) *Marine Community Ecology*, 339-366 pp. Sinauer Associates, Sunderland.

3.6 Agradecimientos

Se quiere agradecer la ayuda y el asesoramiento prestado por el Licenciado en Ciencias del Mar don Vicente Benítez Cabrera. Participó de manera crítica en la toma de decisiones así como en el diseño del ensayo. También ayudó de manera activa en la construcción y fondeo de los módulos y en el seguimiento y evolución del experimento.

Mención especial se merece El Dr. Ingeniero de Camino Canales y Puertos Enrique Copeiro del Villar Martínez, que murió en el transcurso del presente proyecto el 17-01-2009. Destacar que sin el entusiasmo inicial y la pasión que empeñó en que saliera adelante la idea de desarrollar una propuesta de arrecifes artificiales, no hubiera sido posible iniciar el proyecto que se presenta. Que en paz descanse.