

## Biodiversidad marina en sustratos artificiales y naturales litorales de la Isla de Tenerife.

Jose A. Sanabria-Fernandez<sup>1</sup>, Daniel Hernández-Pérez<sup>1</sup>, Rodrigo Riera<sup>2</sup>, Néstor Sánchez-Martínez<sup>1</sup>, Mikel A. Becerro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *The BITES lab*, Instituto de Productos Naturales y Agrobiología de La Laguna (IPNA-CSIC), 38206 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias.

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Medioambientales del Atlántico (CIMA, SL), 38206 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias.

Email de contacto: [jsanabriafernandez@gmail.com](mailto:jsanabriafernandez@gmail.com)

### RESUMEN

*La franja litoral está siendo transformada a gran velocidad como consecuencia de la abrumadora actividad humana, en especial por actuaciones que desembocan en la sustitución del fondo marino de naturaleza rocosa por sustratos artificiales como los espigones, diques, puertos y malecones.*

*El estudio de los patrones de colonización, crecimiento y desarrollo de los organismos que forman sus poblaciones en los sustratos introducidos es de gran importancia para conocer el grado de afección ambiental de estas actuaciones en el medio marino.*

*El presente estudio se ha llevado a cabo en 10 localidades repartidas a lo largo del litoral de la isla de Tenerife. En cada localidad se ha censado la biodiversidad marina en 1000 m<sup>2</sup>. Llevándose a cabo muestreos en sustratos artificiales y sustratos naturales, empleando la metodología Reef Life Survey.*

*No se encontraron marcadas diferencias entre las comunidades artificiales y naturales en los niveles de diversidad de especies, abundancia de individuos y composición faunística. Sin embargo, se hallaron diferencias significativas en determinadas especies, como el molusco *Pinna rudis* o el pez *Tripterygion delaisi*.*

**Palabras clave:** Sustratos artificiales, puertos, biodiversidad marina, *Pinna rudis*, Reef Life Survey.

### INTRODUCCIÓN

---

Como consecuencia del aumento exponencial de la población mundial en las últimas décadas (United Nations, 2003) y teniendo en cuenta que más del 67% de la población del planeta reside en zonas costeras (Hammond, 1992 y Ramírez, *et al.*, 2011). La estimación para los próximos 30 años según Norse (1995) es que la población se duplique en las zonas litorales. Debido a la sobrepoblación que sufre el planeta, la disminución de recursos renovables, la agudizada y cada vez más evidente situación de contaminación en mares y océanos, entre otras, se obtiene como resultado un cambio global (Grimm *et al.*, 2008).

## Artículos

Un vaticinio de las consecuencias de este cambio, es el aumento de la intensidad de las tormentas, deshielo de los casquetes polares y la subida del nivel del mar (Chapman y Bulleri, 2003). Para la protección de la población costera se necesitan estructuras artificiales de defensa que amortigüen la subida del mar, como espigones, malecones y muros de protección. La cuenca mediterránea europea (Italia, Francia y España) es un ejemplo claro de artificialización en la zona costera, con un total de 22.000 km<sup>2</sup> cubiertos por asfalto u hormigón utilizados en la construcción de estructuras artificiales (unos 2.000 km) diseñados para puertos y embarcaderos (Airoidi y Beck, 2007).

La presencia de estos sustratos introducidos en el medio marino tiene como consecuencia favorecer la difusión y presencia de especies oportunistas e invasoras (Bulleri y Airoidi, 2005). Ya que la superficie de estas estructuras no se encuentra ocupada por organismos y pueden ser colonizadas rápidamente por los especímenes marinos (Piola y Johnston, 2008). Por otra parte, la dinámica marina (las corrientes, oleaje y conectividad de masas de agua) se ven alterados por la presencia de estas nuevas estructuras en el medio litoral provocando cambios en los patrones de sedimentación, erosión de playas, dispersión larvaria y transporte de las masas de agua (Sánchez-Jerez, 2002).

En el presente estudio se pretende evaluar la biodiversidad marina de sustratos artificiales sumergidos de diferente antigüedad. Nuestra hipótesis de trabajo se fundamenta en las diferencias que esperamos encontrar entre las comunidades en función del grado de movilidad de los organismos que las compongan; comunidades sésiles, (carentes de movilidad) como por ejemplo el alga parda *Dictyota dichotoma*; comunidades bentónicas vágiles (con movilidad asociados al fondo marino) se cita el ejemplo del molusco *Stramonita haemastoma*; y por último comunidades ícticas pelágicas (que nadan en la columna de agua, lejos del fondo) como la boga, *Boops boops*. La hipótesis inicial planteada establece que no existen diferencias significativas entre sustratos artificiales y naturales, y que la edad del sustrato no supone un factor determinante para establecer diferencias entre las comunidades marinas asociadas a arrecifes artificiales.

## METODOLOGÍA

El trabajo de campo se llevó a cabo desde Julio a Octubre de 2012 en 10 localidades costeras de la isla de Tenerife (Islas Canarias). Cada localidad presenta una estructura artificial espigón, puerto o dique y sustrato natural compuesto por rocas originarias. Dentro de cada sustrato se han realizado 2 transectos obteniendo un total de 20 muestreos para cada tipo de fondo (artificial y natural). (Fig.1).

Fig.1. Mapa de Tenerife con las localidades de muestreos.



## Artículos

La metodología que se ha seguido en los censos visuales marinos es la descrita por *Reef Life Survey* (Edgar y Stuart-Smith, 2009; [www.reeflifesurvey.com](http://www.reeflifesurvey.com)). Para llevarla a cabo se necesita el siguiente material: equipo de buceo autónomo, una cintra métrica de 50 metros de longitud, una tablilla, hojas de poliéster, lápiz y cámara submarina. Los transectos se realizaron en el intervalo 3, 5 a 10 metros de profundidad.

El protocolo metodológico consta de 3 métodos; el primero radica en determinar las especies, el tamaño y el número de peces presentes en 50 x 10 metros. El segundo método, está basado en cuantificar el número de invertebrados y peces crípticos presentes en 50 x 2 metros. Y el tercer método consiste en tomar imágenes del fondo marino cada 2,5 metros de distancia a lo largo del transecto. Posteriormente las imágenes tomadas fueron tratadas con el software CPCe (Kevin y Shaun, 2005), delimitando una cuadrícula de 10 x 10 cm y proyectando sobre esta área delimitada 20 puntos al azar. Identificando el grupo algal, tratándose de alga incrustante, no incrustante, esponjas, rocas y no identificado (Fig.2).

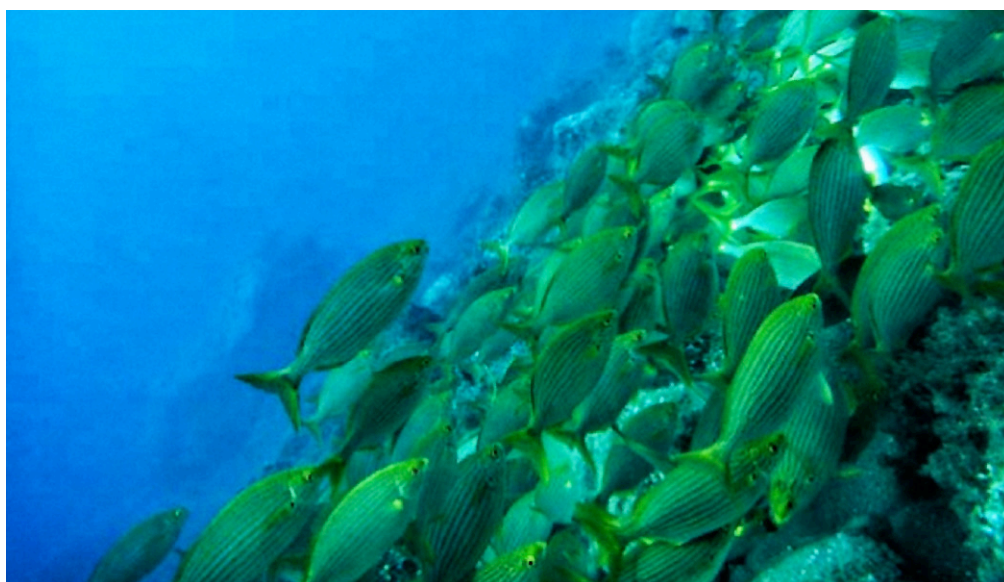


Fig.2. Cardumen de Salemas o Salpas, *Sarpa Salpa* censados en uno de los muestreos.

Para el análisis de los resultados se emplearon 2 paquetes estadísticos; SYSTAT y Primer 6 + Permanova (Anderson *et al.*, 2008). El estudio de los datos marinos se realizó a 3 niveles. La comunidad fue analizada mediante PERMANOVA en 3 subniveles: peces, bentos vágil y bentos sésil. Mostrándose en el apartado de resultados algunos de los nMDS obtenidos.

El estudio de los dos niveles de diversidad y diversidad funcional, se llevó a cabo mediante el software SYSTAT, empleando el análisis de regresiones. Para el examen de la diversidad se formuló un índice basado en la diferencia de diversidad de sustrato natural menos la diversidad de sustrato artificial,  $(D_T = d_n - d_a)$ . En el caso de invertebrados y bentos vágil, relacionándose con el número de años que la estructura artificial llevaba sumergida.

Para la diversidad funcional se analizó una por una todas las especies que censamos en los muestreos. Empleando la formulación del índice explicado en el párrafo anterior ( $D_f$ ).

Por otra parte realizamos la investigación para conocer la relación existente entre la población que vive en cada isla del archipiélago y los kilómetros de sustrato artificial que tiene cada isla. Los datos poblacionales se obtuvieron del Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Y el recuento de kilómetros de sustrato artificial se llevó a cabo mediante Google Earth a una altura de 200 metros se fue recorriendo todo el perímetro costero de cada una de las islas recogiendo esta información. A partir de esta información se llevó a cabo un análisis de regresión lineal.

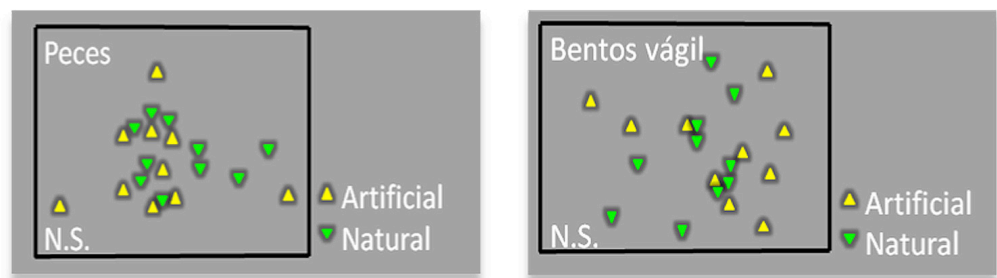
Artículos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Realizados los correspondientes análisis de los datos poblacionales en los cuales se buscaba la relación entre la población y los kilómetros de sustrato artificial, obteniendo estadísticos significativos,  $R=0.961$  y  $p<0.001$ . Estos resultados confirman el vínculo existente y nos sugiere que a mayor población en la isla el número kilómetros artificiales aumentará.

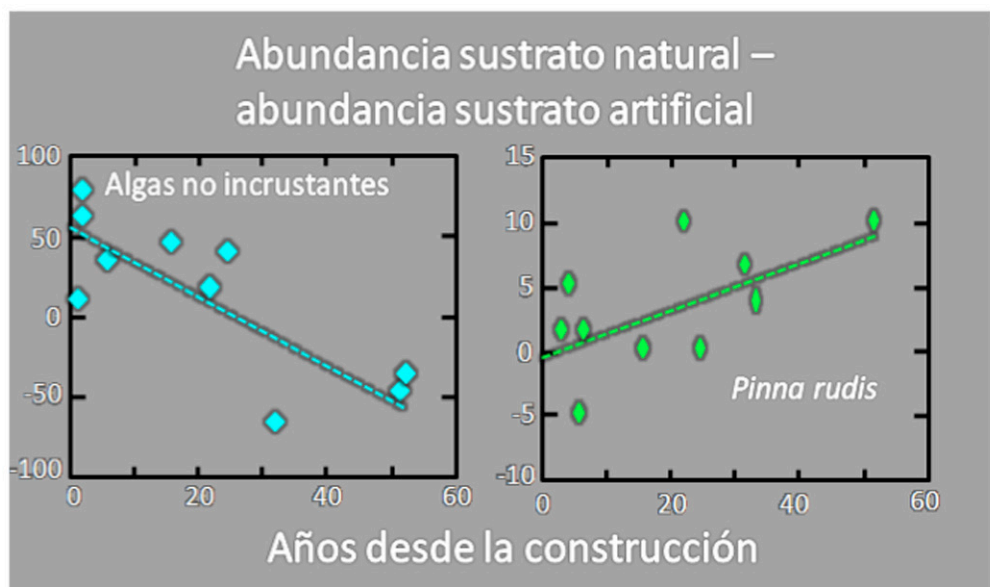
Los análisis ecológicos revelaron que a nivel de comunidad no se encuentran diferencias significativas en los subniveles de: peces, bentos vágil y bentos sésil, entre sustratos naturales y artificiales. Con respecto al número de especies tampoco se encontraron diferencias marcadas entre invertebrados ni peces (Figs. 3 y 4).

Figs. 3 y 4. nMDS obtenido del PERMANOVA correspondiente a Peces y Bentos vágil en el cual no se observa patrones de diferencia entre los sustratos. Como se puede observar ambos colores se encuentran entremezclados y no hay una clara separación de los mismos.



En cambio, en la composición específica de especies se obtuvieron valores significativos que apoyan nuestras hipótesis, en los siguientes casos: en el molusco bivalvo *Pinna rudis*, algas no incrustantes y algas incrustantes. Los estadísticos de *Pinna rudis* fueron:  $R=0,641$  y  $p=0,046$  interpretando estos resultados, la abundancia de la especie a medida que pasan los años es mayor en sustratos naturales que en artificiales, como ocurre también con las algas incrustantes. En cambio las algas no incrustantes, conforme pasan los años son más abundantes en sustratos artificiales que en naturales (Fig. 5).

Fig. 5. Análisis de regresión de algas no incrustantes y *Pinna rudis* en las cuales se generó un índice en el eje Y de diferencias de abundancias entre ambos sustratos frente al tiempo, en años que lleva la estructura sumergida, eje X.



## Artículos

A modo de resumen sobre los resultados:

1. La población de cada isla está fuertemente relacionada con los kilómetros de sustrato artificial que está construido en la franja costera de la misma.
2. La comunidad de peces, bentos vágil y bentos sésil no difieren según el sustrato en el que se encuentren.
3. Los resultados de diversidad demuestran que no hay diferencias entre un sustrato natural y otro artificial.
4. La abundancia de determinadas especies bien sea de moluscos, peces bentónicos o algas se encuentra determinada por el sustrato en el que se alojen.

Este estudio se ha realizado en estructuras artificiales construidas en los últimos 50 años, aunque no se han encontrado marcadas diferencias a nivel de comunidad o de diversidad biológica entre sustratos naturales y artificiales. En cambio, a nivel de la composición específica sí se han obtenido especies que se encuentran de forma significativamente más abundante en un sustrato en comparación con el otro.

En el caso de la comunidad íctica, se ve favorecida por la gran movilidad que presentan, es decir, factores como la alimentación, la reproducción, la depredación hacen que los peces se desplacen de un sustrato a otro.

La ausencia de diferencias en la comunidades bentónicas (vágiles y sésiles), se puede deber al deterioro que presenta el mar canario como consecuencia de los blanquizales, que son extensiones de sustrato natural con una elevada densidad del erizo *Diadema africanum* (Tuya *et al.*, 2004). Al tratarse de una especie voraz y herbívora, la densidad algal en los blanquizales es prácticamente inexistente a excepción de las coralináceas, de las que los erizos no se pueden alimentar.

La falta de diferencias en el análisis de diversidad se acusa nuevamente a la existencia de blanquizales (Ortega *et al.*, 2009). La presencia de éstos es una acción directa de la sobrepesca; debido a la ausencia de depredadores del *Diadema africanum* las poblaciones de éste aumentan sin que estén reguladas de forma natural por el ecosistema (Tuya *et al.*, 2004).

Por otro lado, hay que mencionar que no se han realizado muestreos en áreas marinas protegidas, es decir, que las comunidades de estudio están sujeta al impacto que causa el hombre con actividades como la pesca desde costa, pesca submarina y artes de pesca artesanal (nasas, trasmallos, etc.). Por tanto, las comunidades naturales se encuentran representadas por un número limitado de especies, y con ausencia de grandes depredadores que son de interés comercial, como por ejemplo, meros, abades, samas o peces ballesta. (Tuya *et al.*, 2004).

## CONCLUSIONES

---

A nivel de comunidad y de diversidad tras el paso de 50 años desde la introducción de sustratos artificiales en el medio marino hasta el día de hoy no hay marcadas diferencias entre un sustrato artificial y un sustrato natural, en la zona de estudio. En cambio sí hay tendencias de determinadas especies a encontrarse en un sustrato o en otro.

Como consecuencia directa de la sobrepesca, de la extracción de los grandes depredadores, determinados artes de pesca, de la contaminación y de la alta presión turística que sufre el litoral canario, éste presenta una degradación tan aguda que las comunidades biológicas no difieren entre los sustratos artificiales y los fondos rocosos naturales.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIROLDI, L., BECK, M.W., 2007. Loss status and trends for coastal marine habitats of Europe. *Marine Biology Annual Review*, 45: 345–405.
- ANDERSON, M. J., GORLEY, R. N., CLARKE, K. R., 2008. PERMANOVA + for PRIMER. Guide to software and statistical methods. *Plymouth*, PRIMER-E. 214 p.
- BULLERI, F., AIROLDI, L., 2005. Artificial marine structures facilitate the spread of a non-indigenous green alga, *Codium fragile ssp. tomentosoides*, in the north Adriatic Sea. *Journal of Applied Ecology*, 42: 1063–1072.
- CHAPMAN, M. G., BULLERI, F., 2003. Intertidal seawalls - new features of landscape in intertidal environments. *Landscape Urban Plan*, 62: 159–172.
- EDGAR, G. J., STUART-SMITH, R. D., 2009. A continental-scale analysis of ecological effects of marine protected areas based on underwater visual surveys. *Marine Ecology Progress Series*, 388:51-62.
- GRIMM, N.B., FAETH, H. S., GOLUBIEWSKI, N. E., REDMAN, C. L., JIANGUO WU, XUEMEI BAI, BRIGGS, J. M., 2008. *Global Change and the Ecology of Cities*. *Science*, Vol. 319 no. 5864 pp. 756-760.
- HAMMOND, A., 1992. World resources 1992-1993: towards sustainable development. *Oxford University Press*.
- ISTAC. Instituto Canario de Estadística. 2012.[www.gobiernodecanarias.org/istac/](http://www.gobiernodecanarias.org/istac/)
- KEVIN, E., SHAUN, M., 2005. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodologies. *Computers Geosciences*, 32: 1259-1269.
- NORSE, E.A., 1995. Global marine biological diversity: A strategy for building conservation into decision making. *Island Press*, Washington D.C. 383 pp.
- PIOLA, R. F., JOHNSTON, E. L., 2008. Pollution reduces native diversity and increases invader dominance in marine hard-substrate communities. *Diversity and Distributions*, 14: 329–342.
- RAMÍREZ, A., ENGMAN, A., ROSAS, K., PEREZ-REYES, O., MARTINÓ-CARDONA, D., 2011. Urban impacts on tropical island streams: Some key aspects influencing ecosystem response. *Urban Ecosyst*, 15:315–325.
- SÁNCHEZ-JEREZ, P., GILLANDERS, B. M., RODRÍGUEZ-RUIZ, S., y RAMOS ESPLARLS, A. 2002. Effect of an artificial reef in *Posidonia* meadows on fish assemblage and diet of *Diplodus annularis*. *ICES Journal of Marine Science*, 59: S59–S68.
- TUYA, F., BOYRA, A., SANCHEZ-JEREZ, P., BARBERA, C., HAROUN, RJ., 2004. Relationships between rocky-reef fish assemblages, the sea urchin *Diadema antillarum* and macroalgae throughout the Canary Archipelago. *Marine Ecology Progress series*, Vol. 278: 157-169.

## **Artículos**

- ORTEGA, L., TUYA, F., HARUON, J., 2009. The sea urchin *Diadema antillarum* Phillipi, 1845 influences the diversity and composition of the mobile mega-invertebrate community on rocky bottoms off the Canary Archipelago. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(2): 489-495.
- UNITED NATIONS, 2003. *World Urbanization prospects. The 2003 revision*. United Nations Publications. Pp. 327.

