



BLANQUIZALES EN CANARIAS

La explosión demográfica del erizo *Diadema antillarum* en los fondos rocosos de Canarias



GOBIERNO DE CANARIAS
CONSEJERÍA DE POLÍTICA TERRITORIAL
Y MEDIO AMBIENTE
VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA



Bioges
Centro de Investigación
en Biodiversidad y Gestión Ambiental

Canarias por una
Costa Viva



BLANQUIZALES EN CANARIAS

La explosión demográfica del erizo *Diadema antillarum* en los fondos rocosos de Canarias



Prólogo

El cambio de hábitos de vida que hemos experimentado en las últimas décadas en Canarias, con un mar como reclamo turístico y una sociedad que busca ocio y recreo en la costa, han hecho que cada vez sea mayor el interés de los canarios por el medio marino que nos rodea. Son muchos los ciudadanos que encuentran en la costa y el mar un medio de diversión, lo que hace despertar sus inquietudes sobre la composición y dinámica de sus ambientes y comunidades naturales.

Cuando nos sumergimos en cualquier fondo rocoso de la costa, destaca la masiva presencia de un animal por encima de todos los demás: los *erizos negros de púas largas* o *erizas*. Además, vemos que donde su presencia es notable, el lecho marino toma unas coloraciones blancuzcas. Estos ambientes son lo que nuestros pescadores han denominado, desde antaño, *blanquizales*. La curiosidad nos ha hecho preguntarnos el porqué de las altas abundancias de estos erizos, y cuáles son los factores implicados en la estructura de estos fondos. Así, son muchos los buceadores, naturalistas, estudiantes, pescadores, y otros interesados, que nos preguntan por estos *blanquizales* y por la *eriza*: qué relación tienen con la pesca, cómo pueden controlarse sus poblaciones, etc.

Autores:

Fernando Tuya, Arturo Boyra y Ricardo J. Haroun
Bioges/Proyecto: Canarias, por una Costa Viva

Diseño, maquetación, ilustración e impresión:

oceanografica.com

Fotografías:

oceanografica.com y Bioges

Corrección ortotipográfica:

Ofelia Salcedo (A PUNTO Eventos y Comunicación)

© Los autores

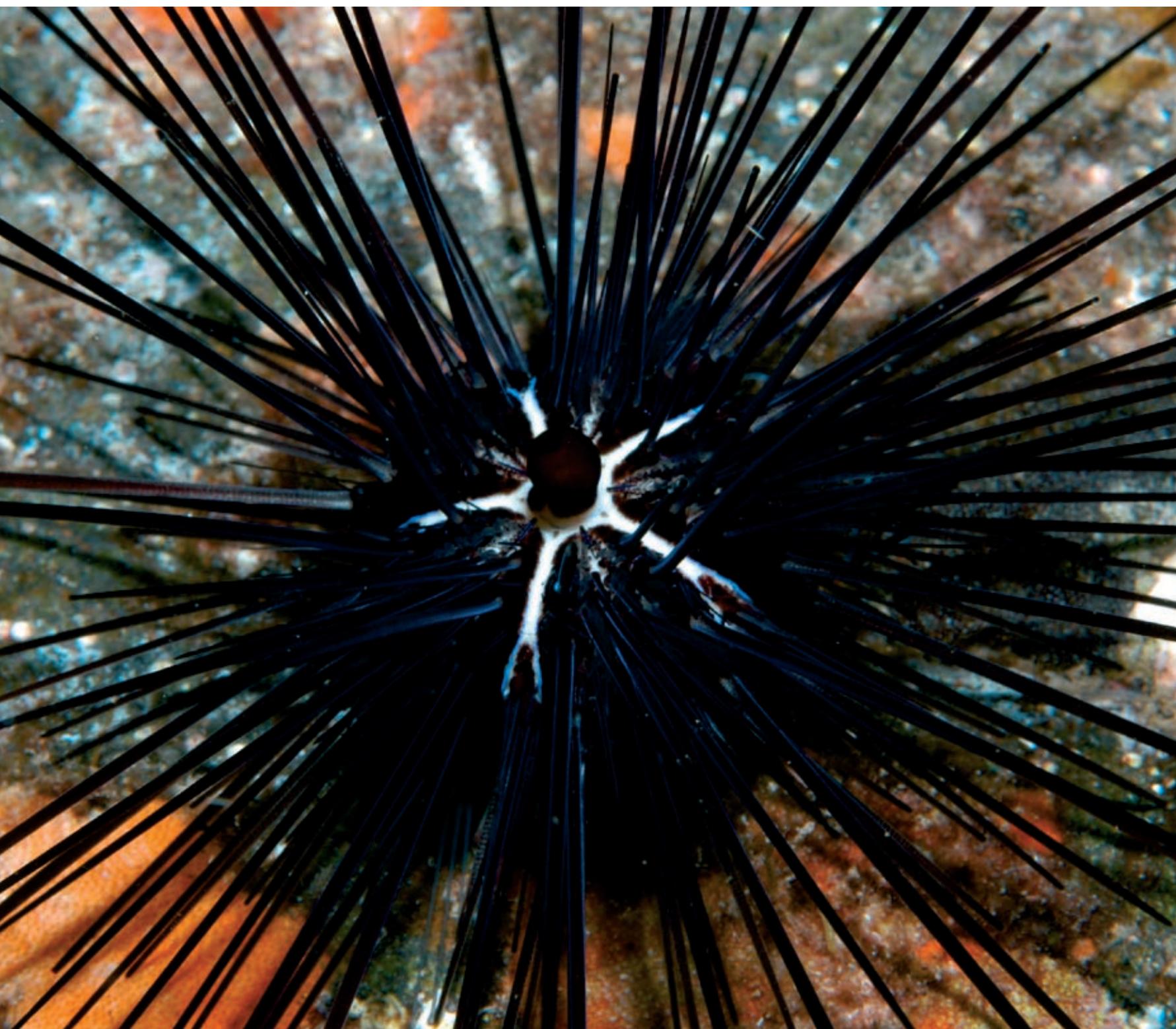
Reservados todos los derechos. Queda rigurosamente prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento sin el permiso expreso y por escrito de los titulares de los derechos.

Depósito legal: GC-883-2004

ISBN: 84-609-4155-8

Desde el proyecto “Canarias, por una Costa Viva” creemos oportuno dar respuesta a las dudas e inquietudes de los estudiosos y amantes de nuestro medio marino. Con la presente monografía, se pretende divulgar e introducir, con rigor científico, las principales características biológicas y ecológicas del erizo de púas largas (de nombre científico *Diadema antillarum* Philippi) y, fundamentalmente, en relación a los procesos e interacciones en los que se ve involucrado con otros componentes del ecosistema marino de nuestras islas. El lector encontrará numerosas figuras, fotografías, glosario de términos y una extensa bibliografía técnica citada a lo largo de toda la monografía en la que puede profundizar para conocer algún aspecto en concreto.

Los autores (Las Palmas de Gran Canaria, noviembre 2004)



Índice

| | |
|---|-----------|
| Prólogo | 5 |
| 1. Introducción: ¿A qué llamamos blanquizales? | 8 |
| 1.1. ¿Desde cuándo existen los blanquizales? | 8 |
| 2. Blanquizales: ¿hay vuelta atrás? | 10 |
| 3. ¿Cómo es el erizo <i>Diadema antillarum</i>? | 12 |
| 3.1 Distribución, morfología y estructura genética de sus poblaciones: ¿Es el erizo canario el mismo que el caribeño? | 12 |
| 3.2 Biología de la especie | 13 |
| 3.3 Ecología de la especie | 14 |
| 4. Estructura de las poblaciones de <i>Diadema antillarum</i> en Canarias | 18 |
| 4.1 <i>Diadema antillarum</i> y los peces | 20 |
| 4.2 Efecto de la complejidad estructural del hábitat y los patrones de distribución espacial | 20 |
| 4.3 <i>Diadema antillarum</i> y la cobertura algal | 21 |
| 5. Blanquizales y sus implicaciones en las redes tróficas: balance de materia | 22 |
| 6. Conclusiones: aspectos biológicos y ecológicos | 24 |
| 7. ¿Hacia dónde deben de encaminarse las futuras investigaciones? | 24 |
| 8. Agradecimientos | 27 |
| 9. Referencias | 28 |
| 10. Glosario | 31 |

1. Introducción: ¿A qué llamamos *blanquizales*?

Los erizos de mar juegan un papel importante en la estructura de las comunidades bentónicas litorales. Así, provocan cambios en la cobertura vegetal, modificando los recursos tróficos, la estructura del hábitat, y afectando a la presencia y abundancia de otros grupos animales como moluscos o peces. Consecuentemente, se les puede considerar como “especies clave” definiendo la estructura y forma de las comunidades de substratos rocosos someros de muchos océanos.

1.1. ¿Desde cuándo existen los blanquizales?

Los recursos naturales costeros del Archipiélago Canario han decrecido como consecuencia directa de la presión pesquera durante las últimas décadas. Este incremento se produce no sólo por el aumento de consumidores (turismo + población), sino también por las limitaciones impuestas al sector en los caladeros del afloramiento Canario-Sahariano, así como por el progresivo cierre de industrias conserveras locales de pescado azul, que han producido una canalización del esfuerzo pesquero sobre los recursos demersales costeros (Bas *et al.*, 1995). Además, la flota artesanal canaria emplea, en un 70%, un arte no selectivo como son las nasas (Hernández-García *et al.*, 1998) (Fig. 1), de manera que se ha llegado a un punto de sobreexplotación de los recursos pesqueros litorales, tal y como se intuía desde las Jornadas de Protección de los Recursos Pesqueros en Tenerife (1988).

Una posible consecuencia de la devastadora sobrepesca litoral ha sido la explosión o *boom* demográfico del erizo de púas largas o eriza *Diadema antillarum* (Fig. 2). Esta especie es una voraz consumidora del macrofitobentos (algas), base de la cadena trófica de numerosos ecosistemas litorales del archipiélago; de tal forma que ha agravado, aún más, el deterioro de la diversidad en dichos ambientes. Así, la acción ramoneadora de *D. antillarum* ha generado, en gran parte de los fondos infralitorales de Canarias, zonas desprovistas de cualquier tipo de cobertura vegetal y animal conocidas popularmente como *blanquizales* (Fig. 3) (con excepción de algas rojas incrustantes pertenecientes a la familia de las coralináceas, p.e. *Lithothamnion* spp. *Titanoderma* spp.). De manera que este erizo de mar restringe o limita las macroalgas bentónicas fotófilas a los primeros metros del medio submareal, donde la alta turbulencia y la gran disponibilidad lumínica permiten a las algas “resistir a su invasor”.

Si bien la sobrepesca se ha señalado tradicionalmente como un factor importante en el espectacular desarrollo de los *blanquizales*, es preciso indicar que su existencia es un fenómeno natural afectado por multitud de procesos físicos y biológicos de diferente naturaleza, que actúan a diferentes escalas espaciales y temporales. Es decir, los *blanquizales* son un ambiente natural en los fondos rocosos de las islas macaronésicas (Mortensen, 1940) que parecen haber experimentado un dramático incremento en las últimas décadas. Si a esta dificultad le añadimos la ausencia de un registro histórico, lo suficientemente sólido y largo, sobre las comunidades marinas de nuestras islas, nos damos cuenta que es muy complicado saber si los *blanquizales* siempre estuvieron ahí, o bien se han disparado en las últimas décadas.



Figura 1: Las nasas son uno de los mecanismos de sobreexplotación de los recursos pesqueros de las costas canarias.

2. Blanquizales: ¿hay vuelta atrás?

Los *blanquizales* se han observado, igualmente, en las aguas de multitud de zonas templadas de todo el mundo. Así, las altas densidades de erizos producen desequilibrios en la estructura de los ambientes rocosos de dichos fondos. Las causas no están totalmente claras, aunque todas apuntan a la sobreexplotación de los recursos pesqueros litorales (Duggins, 1980; Tegner y Dayton, 1981; Breen *et al.*, 1982; Tegner y Levin, 1983; Hay, 1984; McClanahan y Muthiga, 1988; McClanahan y Shafir, 1990; McClanahan, 1992; McClanahan *et al.*, 1994; Sala y Zabala, 1996; Babcock *et al.*, 1999; Shears y Babcock, 2003). Cabría pensar, pues, que la recuperación de los predadores de los erizos (peces, principalmente) podría controlar estas poblaciones y permitir consecuentemente una vuelta al estado original. Deberíamos esperar este tipo de procesos en las Reservas Marinas, por la parada parcial o completa de las actividades pesqueras. Sin embargo, el restablecimiento natural (no forzado mediante la matanza indiscriminada de erizos) de una zona de *blanquinal* a una zona vegetada es un proceso lento, que en la mayor parte de las Reservas Marinas de zonas templadas (p.e. el Mediterráneo) aún no se ha apreciado (Pinnegar *et al.*, 2000). Solamente se han observado recuperaciones de fondos sin algas, asolados por la acción de los erizos, en una Reserva Marina de Nueva Zelanda (Shears y Babcock, 2003), tras 25 años de cese de las actividades pesqueras. Este fenómeno se debe a que una vez establecido el *blanquinal*, unos pocos individuos son capaces de perpetuarlo (una décima parte de los erizos que la generaron). De este modo, sus depredadores podrían eliminar al 90% de los individuos, sin que el *blanquinal* experimentase un cambio cualitativo en la estructura y organización del paisaje submarino. Es por ello posible observar fondos desprovistos de cobertura algal, pero con

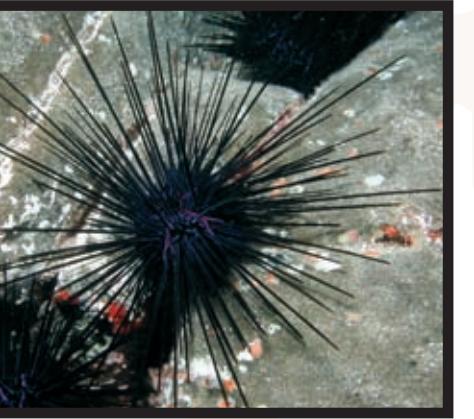


Figura 2: Erizo de la especie *Diadema antillarum*

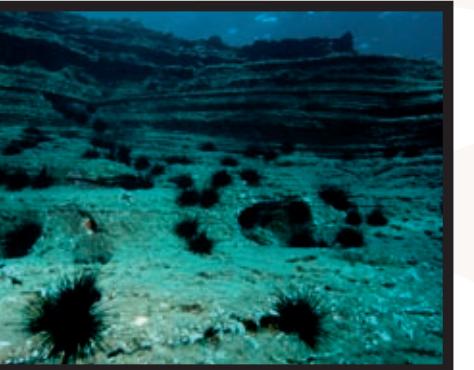


Figura 3: Imagen de un substrato rocoso somero donde la acción devastadora del erizo *Diadema* ha generado fondos desprovistos de cobertura algal, conocidos como *blanquizales*.

una importante y variada comunidad de peces. Así, nuestras investigaciones han detectado una cierta mejoría en la estructura del poblamiento de peces de la Reserva Marina del Archipiélago Chinijo (norte de Lanzarote) establecida en 1995, si bien los fondos siguen soportando extensos *blanquizales*. Consecuentemente, la vuelta atrás de estas comunidades a fondos ricos en macroalgas es un fenómeno complicado, que podría producirse a muy largo plazo y que precisa de estrictas medidas de gestión y control de las acciones extractivas en el litoral. En cualquier caso, estas transiciones son procesos irregulares, sin una clara periodicidad y que, al menos en Canarias, se desconocen en el tiempo.



Figura 4: Ejemplares de distintas tallas de *Diadema antillarum*.

3. ¿Cómo es el erizo *Diadema antillarum*?

3.1 Distribución, morfología y estructura genética de sus poblaciones: ¿Es el erizo canario el mismo que el caribeño?

Diadema antillarum presenta una distribución anfiatlántica, por lo que lo encontramos en aguas tropicales y subtropicales de las costas de ambos lados del Océano Atlántico. Popularmente, es conocido como eriza, ericera, erizo de lima, erizo de púas largas o simplemente erizo *Diadema*. Su morfología (color negro y púas largas, negras y finas) le hacen fácilmente diferenciable de cualquier otra especie de erizo de mar observable en Canarias. Presenta un caparazón esférico, con un tamaño que oscila entre los 2-12 cm en individuos adultos. Diferentes partes de su anatomía se muestran en la Figura 5.

Es una especie ampliamente estudiada en (1) el Caribe (Randall *et al.*, 1964; Atkinson *et al.*, 1973; Lawrence, 1975; Carpenter, 1981; Weil *et al.*, 1984), donde sufrió un episodio de mortandad masiva cercana al 95 % en 1982-83 (Lessios *et al.*, 1984; Lessios, 1988; Levitan, 1988); y (2) recientemente en el Archipiélago de Madeira (Alves *et al.*, 2001; Alves *et al.*, 2003).

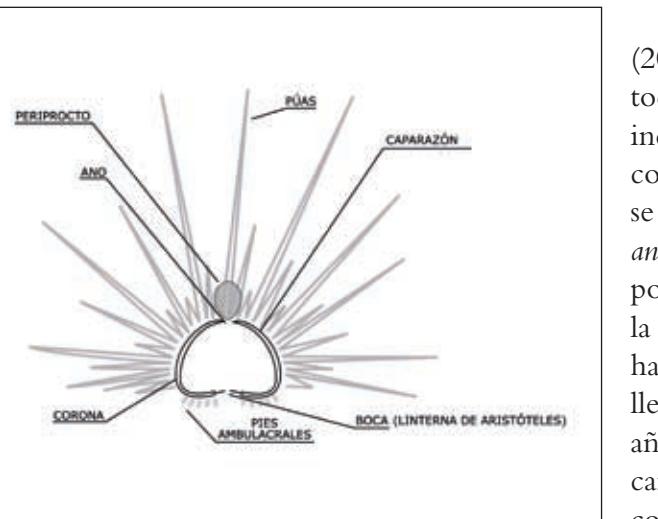


Figura 5: Anatomía externa de *Diadema antillarum*.

El estudio genético desarrollado por Lessios *et al.* (2001) construye la filogenia del género *Diadema* en todo el mundo. Como resultado, han obtenido que los individuos procedentes del Archipiélago Canario, junto con los de Madeira, Cabo Verde y Santo Tomé y Príncipe, se corresponden con la especie bautizada como *Diadema antillarum*-b. El estudio de ADN mitocondrial llevado a cabo por Garrido (2003) refuerza estos resultados, al comprobar la existencia de una diferenciación genética clara entre los haplotipos caribeños y no caribeños. Así, se demuestra que lleva separada de la subespecie caribeña cientos de miles de años, con lo que se descarta la vinculación de las poblaciones caribeñas en la proliferación de esta especie en nuestras costas. Es más, la subespecie del Atlántico oriental (*Diadema antillarum*-b) podría bautizarse como “*Diadema lusitano*”, al

tener poblaciones estables desde Madeira y Las Salvajes en el norte, hasta las islas de Santo Tomé y Príncipe en el sur. En Canarias, ya fue descrita por Mortensen (1940) en una monografía elaborada en los años 30. Por lo tanto, *Diadema antillarum*-b está establecida en las Islas Canarias como una especie autóctona desde antes de la llegada del hombre a nuestras islas.

3.2 Biología de la especie

3.2.1 Reproducción, deriva larvaria, asentamiento y reclutamiento

Al contrario de la creencia popular de que el erizo se reproduce por huevos que alberga en su interior, se trata de una especie dioica carente de dimorfismo sexual con fecundación externa. Presenta gametogénesis a lo largo de todo el año, con varios picos en función de las características ambientales de cada lugar (Randall *et al.*, 1964; Lewis, 1966; Lessios, 1981). Es decir, presenta machos y hembras, pero estos no se diferencian ni en la forma ni en el color. Para la reproducción, liberan sus productos sexuales, machos y hembras por separado, durante todo el año. En Canarias, se ha observado un pico primaveral (Abril y Mayo), que disminuye progresivamente hasta Octubre (Garrido *et al.*, 2000). La fecundación coincide con episodios de luna llena (Randall *et al.*, 1964; Lewis, 1966; Bauer, 1976; Lessios, 1981), y genera unas larvas planctónicas de tipo *equinopluteus*. Las larvas pueden recorrer, en la columna de agua, distancias de hasta decenas de kilómetros durante unos 2 meses, desde sus poblaciones de origen hasta los lugares de asentamiento. Una vez asentadas, sufren un proceso de metamorfosis que da origen a unos reclutas (estadio juvenil) de entre 1-2 mm de tamaño de caparazón. Este ciclo de vida lo vemos representado en la Figura 6.

3.2.2 Crecimiento

Gracias a los estudios realizados en el Caribe, se sabe que su edad máxima se sitúa en los 3-4 años, alcanzando un diámetro oral-aboral máximo de 10-12 cm. Sus tasas de crecimiento varían localmente y en función de su edad. Para individuos juveniles, se han observado tasas de crecimiento de entre 3-6 mm al mes (Randall *et al.*, 1964; Lewis, 1966; Bauer, 1982; Eckert, 1998), que disminuyen en el caso de los ejemplares adultos (< 2 mm por mes, Lewis, 1966; Bauer, 1982).

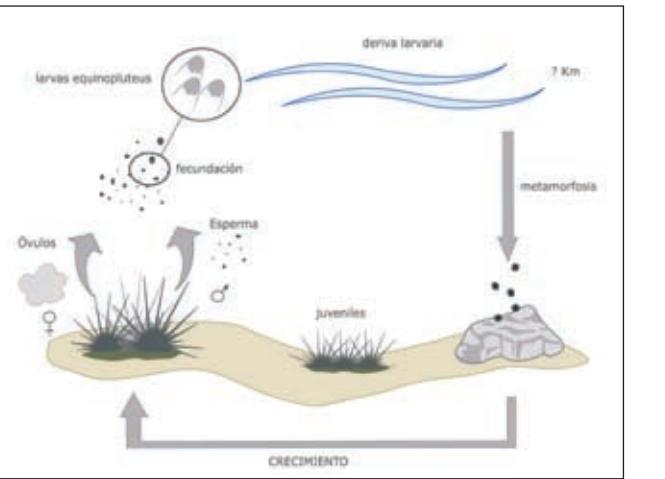


Figura 6: Ciclo de vida del erizo *Diadema antillarum*.

3.3 Ecología de la especie

3.3.1 Alimentación

Los erizos de mar se alimentan preferentemente de material vegetal, tanto fijo al substrato como a la deriva. *Diadema antillarum*, cuando las algas son abundantes, ha mostrado claras prioridades alimenticias en Canarias (Tuya *et al.*, 2001) (Fig. 7). Así, antepone las macroalgas pardas corticadas con estructura ramificada o laminar, más o menos carnosa (por ejemplo, los géneros *Halopteris*, *Lobophora* y *Dictyota*). Muestra una menor predilección por macroalgas con incrustaciones calcáreas (p.e. *Padina*), mientras que la menor apetencia es por macroalgas pardas erectas y frondosas de gran porte, como son las especies de *Cystoseira* spp. Es un equinodermo voraz, que consume una media de entre

0.50 y 0.72 gramos de alga, en peso seco, por individuo y día (Tuya *et al.*, 2001). Es importante señalar que, ante la escasez de alimento, *Diadema* se comporta como un omnívoro, nutriéndose de todo tipo de propágulos, esporas, etc., ya sean de origen vegetal o animal, así como de materia orgánica y detrito. Este comportamiento lo convierte en un competidor muy eficiente y adaptable a diferentes condiciones ambientales, lo que le permite mantener sus poblaciones en equilibrio dinámico en torno a la capacidad de carga del sistema. Además, también ha quedado demostrado en estudios realizados por nuestro equipo que *Diadema* puede sufrir cambios morfológicos en su caparazón y en su linterna, como adaptación a la competencia por el alimento (Garrido, 2003), de manera que el volumen del mismo disminuye de forma proporcional a la densidad de individuos presentes en el medio.



Figura 7: Experimentos para conocer las preferencias alimenticias y el consumo de *Diadema* sobre las principales algas pardas de Canarias.



Figura 8: La mayor parte de los fondos rocosos someros canarios son actualmente blanquizales.

3.3.2 Selección de hábitat y movimiento

Diadema antillarum es una especie gregaria, que forma amplios grupos en fondos rocosos en las aguas someras o poco profundas (Fig. 8), fundamentalmente con objeto de buscar refugio en las cuevas y grietas para protegerse de sus predadores.

En general, se restringe a aguas poco turbulentas, evitando zonas expuestas al oleaje (Alves *et al.*, 2001), donde las algas se mantienen “a salvo” de su ataque. Durante el día, se refugia en cuevas y oquedades, de donde sale, durante la noche, para alimentarse. Presenta, consecuentemente, una marcada actividad nocturna. El marcaje de *D. antillarum* en Canarias (Fig. 9) (Tuya *et al.*, 2003) ha permitido conocer que esta especie puede desplazarse

hasta 6 m de distancia a lo largo de toda la noche (Tuya *et al.*, 2004a). La distancia media recorrida durante el periodo nocturno se ha estimado en 3.7 ± 1.2 m (media ± error estándar). Su actividad es mayor en la media noche, en relación con el inicio y fin del periodo nocturno. La velocidad media observada ha sido de 33 ± 26 centímetros por hora, con un rango que ha oscilado entre 5 y 110 centímetros por hora. Presenta, además, una marcada (cercana al 85%) fidelidad al refugio desde donde comenzó su periplo nocturno (Tuya *et al.*, 2004a), comportamiento que ha sido observado, igualmente, en el Caribe (Carpenter, 1984). En otras palabras, los individuos suelen regresar a su misma “casa”.

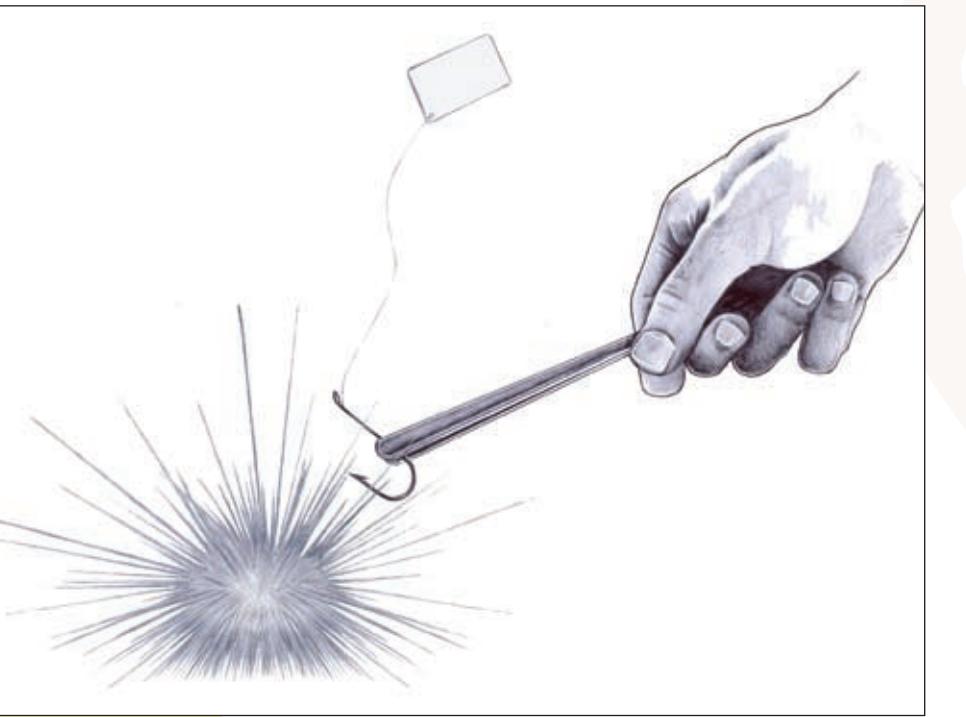


Figura 9: Detalle de la técnica de marcaje de individuos de *Diadema* para el estudio de sus desplazamientos nocturnos en Canarias.

3.3.3 Depredación

Poco sabemos sobre los posibles depredadores de *Diadema* en Canarias, ya que ningún estudio ha analizado de forma experimental y/o mediante evidencias directas, cuáles son y cómo actúan los depredadores. Nos ceñimos, consecuentemente, a evidencias indirectas, tal y como puede ser (1) la presencia de restos de ejemplares de *Diadema antillarum* en los contenidos estomacales de ciertos peces de nuestro litoral; (2) la morfología de las estructuras que actúan en la captura del alimento de ciertas especies (dientes, hocico, rádulas, etc.), que nos hacen sospechar de su posible vinculación; y (3) la implicación de ciertos grupos animales, como langostas y estrellas de mar, en el consumo de erizos en otros mares del mundo. El lector puede acceder a bases de datos (www.fishbase.org) para conocer si los erizos están en la dieta de las diversas especies de peces que habitan nuestras costas. Sin embargo, es importante señalar que no existe en Canarias ningún organismo que juegue el papel de “especie llave” (*key-stone*) en la estructura de las comunidades litorales de fondos rocosos. Es decir, ninguna especie, por sí sola, controla las poblaciones de erizos. Más bien, todo hace sospechar que es toda una comunidad de peces e invertebrados la que se encargaría de controlar sus poblaciones.

Cuando hablamos de depredación sobre erizos en su fase adulta, es preciso saber diferenciar entre (1) aquellos organismos que pueden abrir su caparazón (suponemos que pocas especies) y (2) aquellas que se alimentan de sus vísceras (una vez abierto el animal por algún predador) y que son multitud de ellas (Sala, 1997). Es más, debemos considerar que el tamaño del caparazón va a determinar qué especies pueden atacarlos. Lógicamente, cuanto mayor sea, mayor será la dificultad de abrirlo. En este sentido, y como conclusiones a los resultados que se muestran a continuación, cabe pensar en la existencia de una “talla de escape” (Tuya *et al.*, 2004b), por encima de la cual ningún predador natural tiene la posibilidad de abrirles el caparazón. Consecuentemente, la presión de predación sobre estos erizos debe de concentrarse en los individuos de menor talla.

4. Estructura de las poblaciones de *Diadema antillarum* en Canarias

Las observaciones del grupo de investigación de “Canarias, por una Costa Viva” (Grupo de Biodiversidad y Gestión Ambiental de la Universidad de Las Palmas de G.C.) durante las campañas de muestreo 2003-2004, en 36 localidades de substrato rocoso, entre los 12 y 18 m de profundidad, en todo el archipiélago, nos han permitido conocer que las densidades (= abundancias por metro cuadrado) medias de *Diadema antillarum* por localidad oscilan entre los 0 y 20 individuos por metro cuadrado (con un valor medio de 2.92 ± 3.75 individuos por metro cuadrado, media \pm desviación estándar), si bien se han llegado a observar densidades cercanas a 100 individuos por metro cuadrado en arrecifes artificiales de Canarias (Herrera, 1998). La estructura o distribución de tallas de *D. antillarum* está dominada por individuos de tamaño intermedio o pequeño en localidades con alta densidad (Fig. 10a), mientras que las de baja densidad se caracterizan por la presencia de ejemplares de gran porte (Fig. 10b) (Casañas *et al.*, 1998; Tuya *et al.*, 2004b). Es decir, cuando hay muchos erizos, los adultos son de talla reducida, mientras que si hay pocos erizos, éstos son significativamente mayores. Así y como respuesta a fluctuaciones en la disponibilidad de alimento o en la densidad de las poblaciones, *D. antillarum* responde con rápidas variaciones en la talla del cuerpo (Levitán, 1988; Karlson y Levitan, 1990; Levitan, 1991) que le permiten mantenerse en equilibrio dinámico en torno a la capacidad de carga del ambiente donde vive (Levitán, 1988). Es decir, es capaz de reducir el tamaño de su caparazón cuando hay escasez de alimento.

Hemos observado que las densidades y patrones de distribución de *D. antillarum* varían localmente en función de diferentes aspectos, siendo (1) la abundancia de predadores potenciales, como los peces (y, consecuentemente, el nivel de explotación pesquera de la zona) y (2) la complejidad estructural del hábitat, cuantificada en forma del número de pequeños y grandes bloques y oquedades. Sin embargo, no debemos olvidar que recientes estudios genéticos (Lessios *et al.*, 2001; Garrido, 2003), tanto en las poblaciones de *D. antillarum* de Canarias como en las caribeñas, revelan la existencia de explosiones demográficas de sus poblaciones hace unos 80.000 - 125.000 años, no relacionadas con causas antropogénicas.

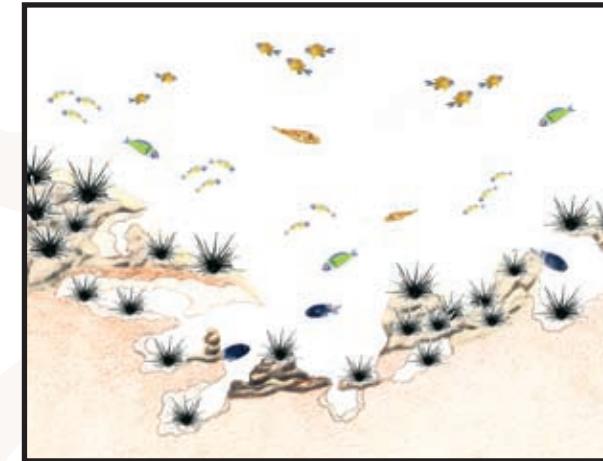


Figura 10a: Fondo rocoso con alta densidad de erizos, baja abundancia de predadores de alto nivel trófico y alta abundancia de especies de peces de bajo status trófico. Los erizos están distribuidos aleatoriamente por todo el substrato con independencia de la complejidad o arquitectura del mismo.



Figura 10b: Fondo rocoso con baja densidad de erizos, alta cobertura vegetal, alta abundancia de predadores de alto nivel trófico y menor abundancia de especies de peces de bajo status trófico. Los erizos están relegados a cuevas, grietas y oquedades (zonas de alta complejidad estructural del substrato).



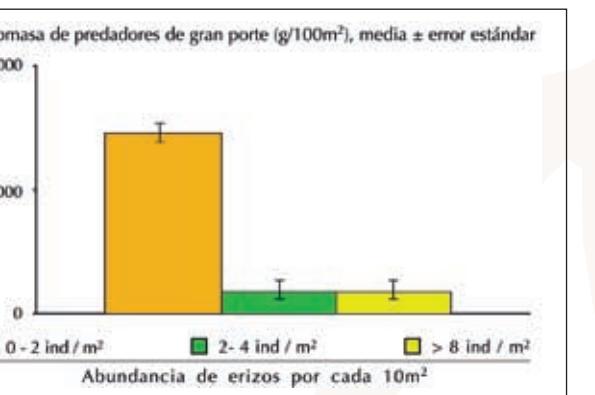
4.1 *Diadema antillarum* y los peces

Nuestros estudios han mostrado una clara relación entre la ausencia de peces carnívoros de gran talla y alto valor pesquero y las elevadas densidades actuales de erizos (Fig 10a y 10b). Además, hemos registrado una caída de la riqueza de especies de peces al aumentar las poblaciones de *Diadema*. También, hemos observado que ciertos peces de crecimiento rápido, como las fulas (*Chromis limbatus* y *Abudefduf luridus*), presentan mayor abundancia en los lugares con alta densidad de erizos (*blanquizales* maduros, Fig. 10a), probablemente motivada, por la falta de grandes predadores, como son los peces de gran porte y alto nivel trófico.

Garrido (2003) demostró que la diversidad de peces litorales es inversamente proporcional a la densidad de erizos en un número reducido de localidades. Ahora, podemos asegurar que este patrón se repite generalmente a lo largo de todas las costas canarias.

4.2 Efecto de la complejidad estructural del hábitat y los patrones de distribución espacial

La complejidad estructural del substrato (es decir, la presencia de bloques, grietas, cuevas, rajones, etc.) juega un papel importante en la organización de las poblaciones de *Diadema antillarum*. Cuando los erizos tienen densidades bajas o intermedias (Fig. 10b), se reparten de forma agregada (distribución contagiosa), concentrándose en las zonas de mayor complejidad estructural como cuevas, oquedades, etc. Sin embargo, cuando están en elevadas densidades se distribuyen aleatoriamente por el fondo, sin mostrar una correlación importante con la complejidad o arquitectura del substrato. Este fenómeno lo atribuimos a que, cuando las densidades de erizos son reducidas, existen suficientes predadores que los controlan, por lo que estos buscan refugio en cualquier oquedad, grieta o cueva. Sin embargo, ante la ausencia de predadores que controlen sus poblaciones, los erizos explotan demográficamente, distribuyéndose indistintamente por todo el substrato (Fig. 10a) (Tuya *et al.*, 2004b).



4.3 *Diadema antillarum* y la cobertura algal

Tal y como cabría esperar, hemos observado una clara caída del porcentaje de cobertura algal con un aumento de la densidad de erizos (Fig. 11) en la totalidad del Archipiélago Canario. Tal y como comentaremos en la próxima sección, esta gráfica nos hace considerar a *Diadema antillarum* como una especie clave que define la estructura de los fondos rocosos someros del Archipiélago Canario (Tuya *et al.*, 2004c). Este resultado se corrobora con las observaciones de Garrido (2003), que detectó que las comunidades de macroinvertebrados bentónicos también se ven influenciadas por la presencia de *D. antillarum*. Así, detectó una clara relación inversa entre la abundancia de este erizo y la diversidad específica de macroinvertebrados.

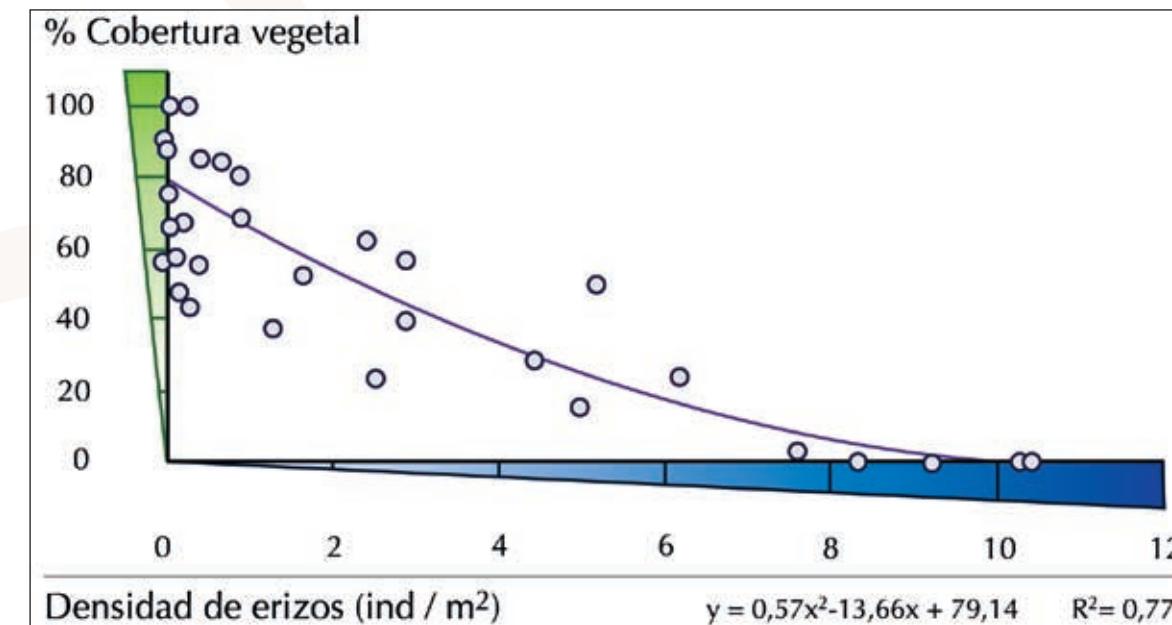


Figura 11: Caída del porcentaje medio de cobertura algal con el aumento de densidad de individuos de *Diadema antillarum*.

5. Blanquizales y sus implicaciones en las redes tróficas: balance de materia

Hemos visto que los *blanquizales* son extensos “desiertos” o una especie de “suelos improductivos” donde los erizos moran a sus anchas, impidiendo el crecimiento y desarrollo de otras especies de la comunidad bentónica, principalmente de algas que están relegadas a las zonas menos profundas. Ahora bien, cabe preguntarnos si sólo es importante *Diadema*, o por el contrario, también, se deben considerar como relevantes a otras especies de herbívoros en el consumo de las algas.

Con el propósito de saber si la acción ramoneadora (“el pastaje”) de *Diadema antillarum* es capaz de consumir la producción primaria neta diaria del macrofitobentos de fondos rocosos someros de nuestras costas, debemos de tomar en consideración (1) el consumo medio diario de estos erizos (ver sección 2.3.2) y (2) la producción primaria neta de las macroalgas, estimada por diferentes fuentes bibliográficas (p.e. Valiela, 1995). Así, encontramos que la producción primaria neta es un orden de magnitud superior (\approx unas diez veces más) que las tasas de pastaje de *D. antillarum* (6.8 g peso seco por metro cuadrado y día de producción primaria frente a 0.5-0.72 g peso fresco por individuo y día como tasas de pastaje, respectivamente). Consecuentemente, el consumo de algas por una densidad en torno a los 10 erizos por metro cuadrado igualaría ambas magnitudes, manteniendo una superficie rocosa completamente libre o limpia de algas. Ya que este valor límite está de acuerdo con nuestras observaciones empíricas (Fig. 11), podemos considerar a *D. antillarum* como el principal herbívoro marino de nuestras costas. Es decir, este resultado nos indica que la contribución de otros herbívoros es prácticamente inapreciable frente a *Diadema*. En otras palabras, existe una interacción muy fuerte entre las macroalgas y *Diadema*, en medio de un conjunto de relaciones de mucha menor importancia con otros herbívoros. Este resultado es, en cierta manera, sorprendente, ya que en las costas canarias parece como si una única especie fuera capaz de determinar la estructura de las comunidades de algas someras, en contraste con la dinámica estudiada para otras asociaciones (ver trabajos de Sala y colaboradores).

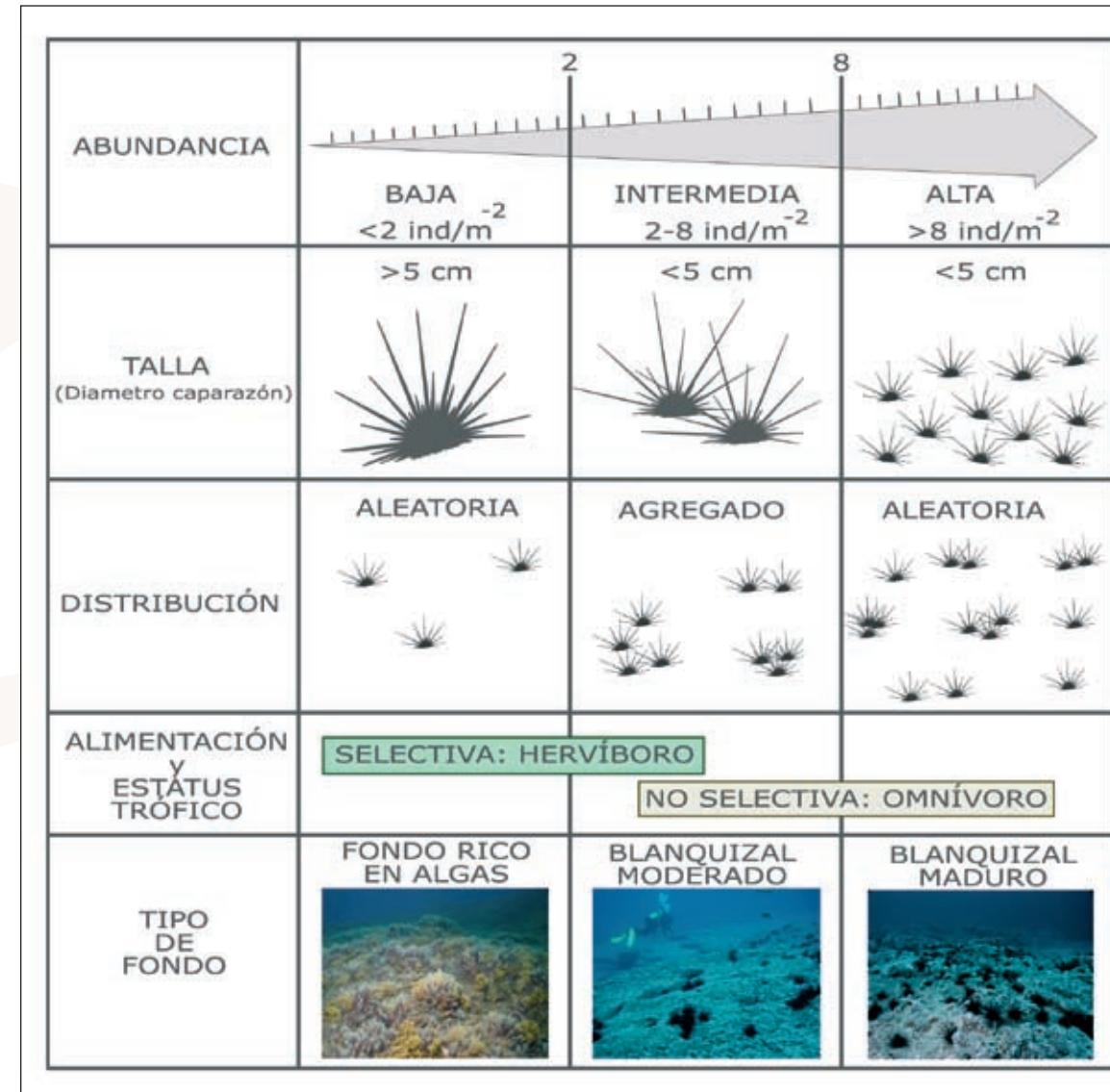


Figura 12: Diagrama que muestra las relaciones entre cómo se estructuran las poblaciones de *Diadema antillarum*, sus características biológicas y ecológicas y los *blanquizales*.

6. Conclusiones: aspectos biológicos y ecológicos

Hasta ahora, hemos ido comentando, por separado, diversos aspectos y características de los erizos, así como del ambiente donde moran. Cabe pues, “ensamblar o conectar” unos aspectos con otros, con el propósito de dar una idea general sobre cómo se estructuran las poblaciones de *Diadema antillarum* en los fondos rocosos de Canarias y en qué condiciones se generan los *blanquizales*. En este sentido, hemos considerado oportuno reunir todos los procesos comentados hasta el momento en la Figura 12, que ayudará al lector a clarificar sus conocimientos sobre cómo se estructuran y comportan las poblaciones de esta especie, y cómo se relacionan con su efecto más inminente: la generación de *blanquizales*. En cualquier caso, no debemos olvidar que lo mostrado son “generalidades”, que pueden verse influidas localmente por otros factores, como procesos de contaminación, enfermedades, ciclos demográficos naturales, así como eventos oceanográficos a gran escala, etc.

7. ¿Hacia dónde deben de encaminarse las futuras investigaciones?

A pesar de que muchos estudios a ambos lados del Atlántico han observado diversos aspectos de *Diadema antillarum*, aún son muchos los vacíos de conocimiento sobre esta especie y su relación con el medio que la rodea.

La interacción que hemos descrito a lo largo de este texto entre las algas y el erizo *Diadema antillarum*, está influenciada por procesos que actúan desde “abajo hacia arriba” en la cadena trófica (disponibilidad de nutrientes que influyan en el reclutamiento de las algas, temperatura de agua, etc.), así como por procesos que van desde “arriba hacia abajo” en la cadena trófica (predación, muerte por enfermedades u otros procesos naturales, etc.). Estos procesos estarían involucrados en las transiciones que comentábamos anteriormente entre los fondos ricos en algas (Fig. 10b) y los *blanquizales* (Fig. 10a).

A continuación, pasamos a comentar algunos de estos procesos. En primer lugar, resulta fundamental un conocimiento exhaustivo de aquellas especies de invertebrados y peces que puedan alimentarse de estos erizos. Es importante, además, diferenciar a los predadores según la estructura de tallas de los erizos. Es decir, diferenciarlos a lo largo del ciclo de vida de *Diadema antillarum*. En función de estos resultados podrían optimizarse las medidas de gestión y protección de los recursos naturales marinos del Archipiélago Canario. Otros aspectos de notable

relevancia son conocer (1) la variabilidad espacio-temporal en los procesos de asentamiento y reclutamiento de las larvas desde la columna de agua al substrato rocoso, y conocer los factores (2) bióticos (predación, competencia, afinidad por ciertos substratos, etc.) y (3) abióticos (complejidad y heterogeneidad del substrato, dinámica marina, etc.) involucrados en estos procesos de asentamiento y reclutamiento.



Figura 13: Muestreadores durante una investigación submarina.

Además, es importante estimar la influencia de los factores de índole oceanográfica (variaciones en la temperatura del agua, disponibilidad de nutrientes, turbulencia del agua, etc.) que influyen en la dinámica de las poblaciones de algas fotófilas, y que regulan, consecuentemente, su distribución y abundancia.

Esto son aspectos fundamentales que podrían ayudar a conocer mejor la ecología del erizo *Diadema antillarum*, puesto que antes de plantear soluciones a su problemática se debe saber cuales son las causas del problema. Dicho de otro modo, “es más recomendable diagnosticar correctamente a un enfermo antes de medicarlo, que probar medicamentos hasta que se cure”.

Una investigación específica nos permitiría, consecuentemente, disponer de un mayor conocimiento sobre la dinámica y estructura de los *blanquizales*, para posibilitar así una correcta gestión de sus poblaciones e, indirectamente, de los recursos litorales de nuestro archipiélago.



Figura 14: Aspecto típico de un blanquinal.

8. Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a todos los compañeros y amigos que han colaborado en la recogida, toma y procesamiento de datos submarinos del proyecto “Canarias, por una Costa Viva”. En especial, al Dr. Pablo Sánchez-Jerez, Dra. Carmen Barberá, Iván Blanch, Fernando Espino, Dr. Rogelio Herrera, Dr. Mateo Garrido, Edurne Falcón, Oscar Bergasa, Tony Sánchez, Leo Ortega, Alberto Iglesias, Aída López, Norberto Rodríguez, Armando del Rosario, Francis del Rosario, Guaci Herrera. F. Tuya desea agradecer al Dr. Tim McClanahan el haber contribuido con su constructiva crítica y comentarios a mejorar nuestra concepción de los *blanquizales*. R. Haroun quiere hacer mención especial al Dr. H.A. Lessios por su apoyo incondicional a los estudios de *Diadema* en las costas canarias.

9. Referencias

- Carpenter RC (1984) Predator and population density control of homing behaviour in the Caribbean echinoid *Diadema antillarum*. *Mar Biol* 82: 101 – 108.
- Alves FMA, Chicharo LM, Serrao E, Abreu AD (2001) Algal cover and sea-urchin spatial distribution at Madeira Island (NE Atlantic). *Sci Mar* 65: 383–392.
- Alves FM., Chicharo LM, Serrao E, Abreu AD (2003) Grazing by *Diadema antillarum* (Philippi) upon algal communities on rocky substrates. *Sci Mar* 67: 307 – 311.
- Atkinson C, Hopley S, Mendelsohn L, Yacowitz S (1973) En: Special Publications N° 2, West Indies Lab., editado por J.C. Odgen, D.P. Abbott and I. Abbott, West Indies Laboratory, St. Croix, pp: 65 – 80.
- Babcock RC, Kelly S, Shears NT, Walker JW, Willis TJ (1999) Changes in community structure in temperate marine reserves. *Mar Ecol Prog Ser* 189: 125–134.
- Bas C, Castro JJ, Hernández-García V, Lorenzo JM, Moreno T, Pajuelo JG, González Ramos AJ (1995) La Pesca en Canarias y áreas de influencia. Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas.
- Bauer JC (1976) Growth, aggregation, and maturation in the equinoid *Diadema antillarum*. *Bull Mar Sci* 26: 273 – 277.
- Bauer JC (1982) On the growth of a laboratory reared sea urchin, *Diadema antillarum* (Echinodermata: Echinoidea). *Bull Mar Sci* 32: 643 – 645.
- Breen PA, Carson TA, Foster JB, Stewart EA (1982) Changes in subtidal community structure associated with British Columbia sea otter transplants. *Mar Ecol Prog Ser* 7: 13–20.
- Carpenter RC (1981) Grazing by *Diadema antillarum* and its effects on the benthic algal community. *J Mar Res* 39: 749–765.
- Casañas A, Hanek-Larsen H, Haroun RJ (1998) Developmental stages of *blanquizal* due to herbivory by the sea urchin *Diadema antillarum* Philippi in the Canary Islands. *Bol Mus Mun Fun* 5: 139–146
- Duggins DO (1980) Kelp beds and sea otters: an experimental approach. *Ecology* 61: 447–453.
- Eckert GL (1998) Larval development, growth and morphology of the sea urchin *Diadema antillarum*. *Bull Mar Sci* 63: 443 – 451.
- Garrido M, Haroun RJ, Lessios HA (2000) Annual reproductive periodicity of the sea urchin *Diadema antillarum* Phillipi in the Canary Islands. *Bull Mar Sci* 67: 989–996.
- Garrido M (2003) Contribución al conocimiento de *Diadema antillarum* Phillipi, 1845 en Canarias. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de G.C.
- Hay ME (1984) Patterns of fish and urchin grazing on Caribbean coral reefs: are previous results typical? *Ecology* 65: 446–454.
- Hernández – García V, Hernández – López JL, Castro JJ (1998) The octopus (*Octopus vulgaris*) in the small – scale tram fishery off the Canary Islands (Central East Atlantic). *Fish Res* 35: 183 – 189.
- Herrera R. (1998) Dinámica de las comunidades bentónicas de los arrecifes artificiales de Arguineguín (Gran Canaria) y Lanzarote. Tesis Doctoral. Departamento de Biología, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Karlson RH, Levitan DR (1990) Recruitment-limitation in open populations of *Diadema antillarum*: an evaluation. *Oecologia* 82: 40–44.
- Lawrence JM (1975) On the relationships between marine plants and sea urchins. *Oceano Mar Biol: Ann Rev* 13: 213–286.
- Lessios HA (1981) Reproductive periodicity of the echinoids *Diadema* and *Echinodermata* on the two coast of Panama. *J Exp Mar Biol Ecol* 50: 47– 61.
- Lessios HA (1988) Population dynamics of *Diadema antillarum* Philippi (Echinodermata: Echinoidea) following mass mortality in Panama. *Mar Biol* 99: 515–526.
- Lessios HA, Robertson DR, Dubit DJ (1984) Spread of *Diadema* mass mortality through the Caribbean. *Science* 226: 335 – 337.
- Lessios HA, Garrido MJ, Kessing BD (2001) Demographic history of *Diadema antillarum*, a keystone herbivore on Caribbean reefs. *Proc R Soc Lond Ser B* 268: 1–7.
- Levitán DR (1988) Density – dependent size regulation and negative growth in the sea urchin *Diadema antillarum*. *Oecologia* 76: 627– 629.
- Levitán DR (1991) Skeletal changes in the test and jaws of the sea urchin *Diadema antillarum* in response to food limitation. *Mar Biol* 111: 431 – 435.
- Lewis JB (1966) Growth and breeding in the tropical echinoid *Diadema antillarum*. *Bull Mar Sci* 16: 151 – 158.
- McClanahan TR (1992) Resource utilization competition and predation: a model and example from coral reef grazers. *Ecol Mod* 61: 195–215.
- McClanahan TR, Muthiga NA (1988) Changes in Kenyan coral reefs. Community structure and function due to exploitation. *Hydrobiologia* 166: 269 – 276.
- McClanahan TR, Shafir SH (1990) Causes and consequences of sea urchin abundance and diversity in Kenyan coral reefs. *Oecologia* 83: 362 – 370.
- McClanahan TR, Nugues M, Mwachireya S (1994) Fish and sea urchin herbivory and competition in Kenyan coral reef lagoons: the role of reef management. *J Exp Mar Biol Ecol* 184: 237–254.
- Mortensen T (1949) A monograph of Echinoidea III. Copenhagen: C.A. Reigel eds.
- Pinnegar JK, Polunin NVC, Francour P, Badalamenti F, Chemello R, Harmelin-Vivien ML, Hereu B, Milazo M, Zabala M, D'Anna G, Pipitone C (2000) Trophic cascades in benthic marine ecosystems: lessons for fisheries and protected-area management. *Environ Cons* 27: 179–200.
- Randall JE, Schroeder RE, Stark WA (1964) Notes on the biology of the echinoid *Diadema antillarum*. *Caribb J Sci* 4: 421–433.
- Sala E (1997) Fish predators and scavengers of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in protected areas of the north-western Mediterranean Sea. *Mar Biol* 129: 531–539
- Sala E, Zabala M (1996) Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* population in the NW Mediterranean. *Mar Ecol Prog Ser* 140: 71–81.
- Shears NT, Babcock RC (2003) Continuing trophic cascade effects after 25 years of no-take marine reserve protection. *Mar Ecol Prog Ser* 246: 1–16.
- Tegner MJ, Dayton PK (1981) Population structure, recruitment and mortality of two sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis* and *S. purpuratus*) in kelp forest. *Mar Ecol Prog Ser* 5: 255–268.
- Tegner MJ, Levin LA (1983) Spiny lobsters and sea urchins: analysis of a predator-prey interaction. *J Exp Mar Biol Ecol* 73: 125–150.
- Tuya F, Martín JA, Reuss GM, Luque A (2001) Feeding preferences of the sea urchin *Diadema antillarum* in Gran Canaria Island (Central – East Atlantic Ocean). *J Mar Biol Assoc UK* 81: 1–5.
- Tuya F, Martín JA, Luque A (2003) A novel technique for tagging the long-spined sea urchin *Diadema antillarum*. *Sarsia* 88: 365 – 368.
- Tuya F, Martín JA, Luque A (2004a). Patterns of nocturnal movement of the sea urchin *Diadema antillarum* (Philippi) in Gran

Canaria (Canary Islands, central east Atlantic Ocean). Helgol Marine Research 58(1): 26 - 31.

Tuya F, Boyra A, Sánchez-Jerez P, Haroun RJ, Barberá C (2004b). Relationships among fishes, the long-spined sea urchin *Diadema antillarum* and algae throughout the Canarian Archipelago. Mar Ecol Prog Ser. 278:157-169

Tuya F, Boyra A, Sánchez-Jerez P, Haroun RJ, Barberá C (2004c) Can alone one single species determine the structure of a rocky benthic community: the case of the black long-spined sea urchin *Diadema antillarum* in the eastern Atlantic. Hydrobiologia 519: 211 - 214.

Valiela, I (1995) Marine Ecological Processes (2nd edition). Springer – Verlag, New York, 320 pp.

Weil E, Losada F, Bone D (1984) Spatial variations in density and size of the echinoid *Diadema antillarum* Philippi on some Venezuelan coral reefs. Bijdr Dierkd 32: 643 – 645.

10. Glosario

Aboral: parte opuesta a la boca o al polo oral.

Bentónico: relativo o ligado al fondo marino.

Cadena trófica: agrupación de los organismos según su forma de alimentación en niveles o estratos (escalón trófico), estableciendo las interacciones y conexiones entre dichos niveles.

Capacidad de carga: máxima densidad o abundancia que soporta un sistema.

Corticado: que presenta células secundarias alrededor de la médula del talo.

Dimorfismo sexual: que presenta sexos (machos y hembras) diferenciables.

Dioico: especie que tiene sexos separados en diferentes individuos.

Equinoideo: grupo zoológico al que pertenecen los erizos de mar.

Equinodermo: grupo zoológico que agrupa a estrellas, pepinos de mar, ofiuras, cromátulas y erizos de mar.

Especie llave: especie capaz de determinar o cambiar la forma o estructura del fondo marino.

Factor abiótico: es un parámetro de naturaleza no biológica (p.e. oleaje, mareas, temperatura, etc.) que interviene en la regulación de una especie o comunidad biológica.

Factor biótico: es un parámetro de naturaleza biológica (p.e. competición entre individuos, abundancia, biomasa, etc.) que interviene en la regulación de una especie o comunidad biológica.

Fecundación: unión de gametos (huevos y esperma).

Filogenia: Parte de la biología que se ocupa de las relaciones de parentesco entre los distintos grupos de seres vivos. Origen y desarrollo evolutivo de las especies.

Fotófilo: que gusta de la luz solar.

Gametogénesis: formación de gametos en un organismo.

Gregario: animal que vive agrupándose junto a otros individuos de su misma especie.

Haplótipo: es la información que aporta cada uno de los padres; su combinación da lugar al genotipo, que es toda la información genética de un individuo.

Infralitoral: espacio submarino comprendido entre el límite de las mareas y la profundidad a la que las macroalgas y/o fanerógamas marinas dejan de crecer.

Linterna: estructura ósea de la boca de los erizos formada por varias piezas calcáreas que hacen las funciones de dientes.

Macroalgas (macrofitobentos): algas de porte grande fijadas al fondo.

Pastaje: ramoneo o consumo de vegetales.

Planctónico: que vive en la columna de agua a merced de la dinámica marina.

Periprocto: región anal, donde desemboca el intestino en el ano.

Propágulo: toda estructura viva que permite reproducirse vegetativamente.

Rádula: banda membranosa, con filas longitudinales de dientes quitinosos, situada en la boca de algunos moluscos, y que la emplean para alimentarse.

Reclutamiento: proceso por el cual las larvas o propágulos, una vez que han sufrido la metamorfosis, se asientan en un sitio determinado.

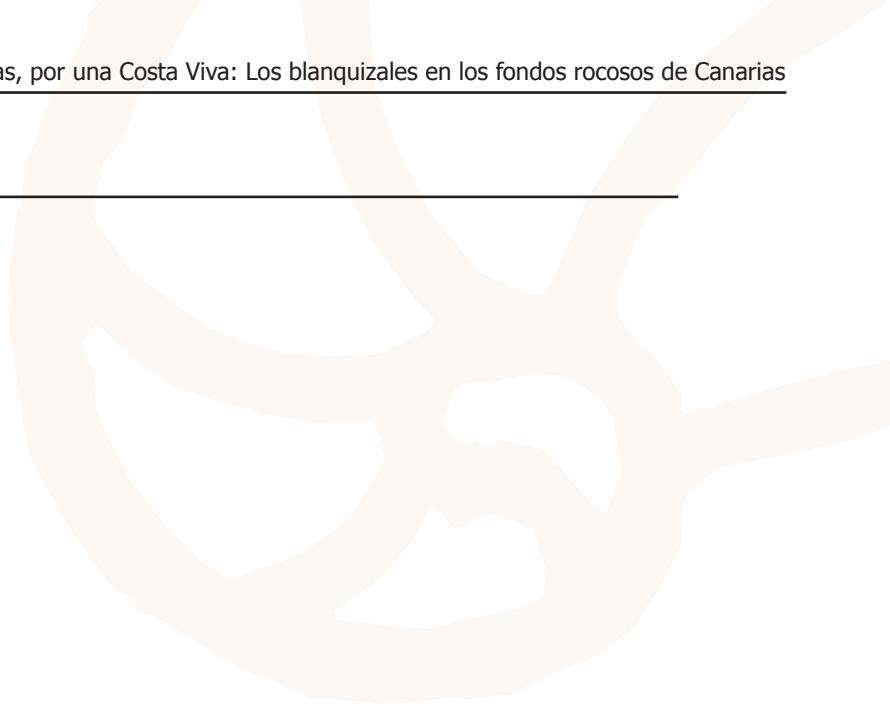
Red trófica: entramado de relaciones entre organismos que hace referencia a su alimentación.

Submareal: espacio marino, por debajo del nivel de las mareas, que está siempre en inmersión.

Sustrato o substrato: superficie susceptible de ser colonizada por seres vivos. Su naturaleza puede ser animal, vegetal, arenosa, pétreas o artificial.



Notas





Los pescadores canarios han denominado *blanquizales* a los fondos rocosos de color blanquecino desprovistos de algas de nuestras costas. Estas comunidades son fruto de la acción de los erizos de mar, en especial de la especie *Diadema antillarum*. Las altas densidades de erizos son responsables de la desaparición de la cobertura vegetal y, por tanto, del enorme cambio que han sufrido nuestros fondos.

¿Por qué han proliferado de forma tan desmesurada los erizos? ¿Existe una relación con factores humanos? ¿Son estos procesos únicos en el mundo?

Estas son sólo algunas de las preguntas que pretendemos contestar con este texto. Los resultados obtenidos por nuestro equipo de trabajo en los últimos años, en especial con el desarrollo del proyecto “Canarias, por una Costa Viva”, nos permiten describir las características biológicas y ecológicas de los erizos *Diadema antillarum*, en el marco de las comunidades marinas asociadas a los *blanquizales* de Canarias.