

DICIEMBRE 2004 Nº 5

MAKARONESIA

Boletín de la Asociación Amigos del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife



**ARNOLDO
SANTOS**

NUESTRO PERSONAJE

**EL ERIZO DE LIMA
(*DIADEMA ANTILLARUM*)**

NOVEDADES CIENTÍFICAS

**ESTRATEGIAS
DE REGENERACIÓN
EN LA LAURISILVA**

MISCELÁNEA

**EL NORTE
DE ÁFRICA
TAN PRÓXIMO,
TAN LEJOS**

EL MUNDO QUE
NOS RODEA

**LAS ISLAS
SALVAJES**

EN LA MACARONESIA



El Erizo de Lima (*Diadema antillarum*)

una especie clave en los fondos rocosos litorales de Canarias

Alberto Brito¹, José Carlos Hernández¹, Jesús M. Falcón¹, Nayra García¹, Gustavo González-Lorenzo¹, M^a. Candelaria Gil-Rodríguez², Alejandro Cruz-Reyes², Guacimara Herrera², Alejandro Sancho¹, Sabrina Clemente¹, Elena Cubero¹, Dominique Girard¹ y Jacinto Barquín³

1. Departamento de Biología Animal (Ciencias Marinas), Facultad de Biología.

2. Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Farmacia.

3. Departamento de Biología Animal (Zoología), Facultad de Biología.

(Universidad de La Laguna)

Fotos: grupo de investigación

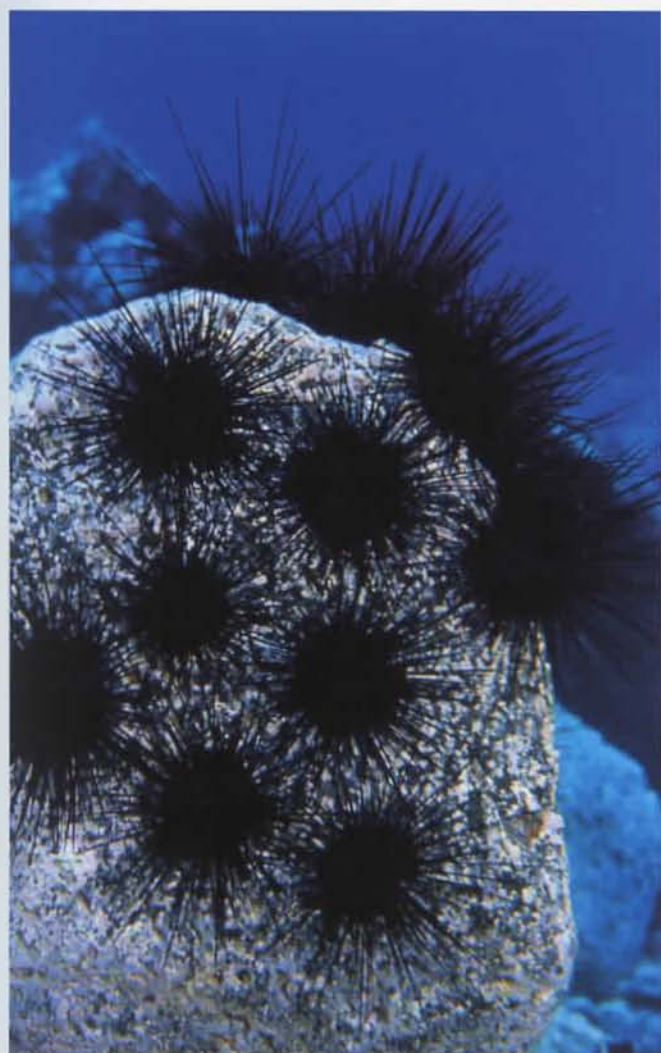
Importancia de los erizos en los ecosistemas rocosos costeros

Los erizos forman parte de las comunidades bentónicas y juegan un papel importante en la estructura y la biodiversidad de las mismas. Muchos autores los consideran como los principales responsables de la estructuración

de las comunidades algales en los fondos rocosos, por encima de factores ambientales tan determinantes como la luz o el sustrato. Se les denomina “*keystone herbivore*” (herbívoro clave), haciendo alusión a esta capacidad para modelar el hábitat donde viven mediante su intenso ramoneo. Dicho papel lo desempeñan distintas especies de erizos en los diferentes ecosistemas templados, subtropicales y tropicales.

Debido a este potencial aparecen en diversas partes del mundo los denominados "barren ground" (suelo estéril), donde los erizos aumentan de forma exagerada sus poblaciones, eliminando la cubierta vegetal. Como consecuencia se pierde el potencial productivo de las algas y la función de zona de refugio, reproducción y cría que cumplen los fondos vegetados, además de producirse una elevada pérdida de biodiversidad.

Las causas del aumento de las poblaciones de erizos no son fácilmente reconocibles, puesto que entran en juego muchos factores, como la especie implicada, la situación geográfica, las condiciones climáticas generales pasadas y actuales y las ambientales particulares de cada zona, las actuaciones antrópicas, etc. No obstante, en todos los trabajos consultados de diferentes partes del mundo, se señala la sobreexplotación de los recursos pesqueros, con la consecuente disminución de los depredadores del erizo, como la causa más frecuente de este desajuste.



Grupo de ejemplares de *Diadema antillarum* en un fondo rocoso abierto de la zona sur de Tenerife.

El caso del erizo de lima o ericera (*Diadema antillarum*)

Actualmente y después de la revisión del género realizada por Lessios *et al.* (2001), las poblaciones del erizo *Diadema antillarum* presentes en el Atlántico Oriental (Madeira, islas Salvajes, Canarias, Cabo Verde y Golfo de Guinea) se consideran diferentes desde el punto de vista genético de las del Atlántico Occidental tropical, siendo denominadas formas "b" y "a" respectivamente. En cualquier caso, tanto en una orilla como en la otra, se trata de una especie clave en la organización y funcionamiento de las comunidades bentónicas litorales, aunque juega un papel diferente según el tipo de hábitat.

En las comunidades coralinas caribeñas, la forma "a" de *D. antillarum* mantiene controlado el crecimiento algal, beneficiando así el asentamiento de nuevos corales y facilitando su crecimiento. Cuando sus densidades disminuyen drásticamente, como ocurrió después de la mortalidad masiva de 1982-1984, el ecosistema arrecifal comienza a cambiar rápidamente. La cobertura algal se incrementa de forma notable, cubriendo y asfixiando a los corales e impidiendo el asentamiento y crecimiento de nuevos coralitos. No obstante, las altas densidades de *Diadema* que existían en el Caribe antes de la mortalidad masiva tampoco eran buenas porque contribuían claramente a la bioerosión de los arrecifes. En

situaciones intermedias de densidad de erizos se alcanza un equilibrio dinámico algas-corales adecuado, que propicia los máximos de diversidad en la comunidad coralina.

En el Atlántico Oriental, sobre todo en Canarias, Salvajes y Madeira, la respuesta de las comunidades bentónicas litorales al incremento de las poblaciones de erizos es muy diferente al no existir arrecifes coralinos. La acción ramoneadora de los erizos dismantela la cubierta vegetal (Brito *et al.*, 2002; Tuya *et al.*, en prensa), dejando los fondos despoblados y cubiertos de una costra de algas calcáreas que les da un color blanquecino, por lo que reciben el nombre de "blanquizales".



En los blanquizales maduros se alcanzan densidades medias de hasta 11 ejemplares / m² y los erizos se encuentran expuestos directamente sobre la roca.



Algunos invertebrados, particularmente briozoos y esponjas, son los únicos organismos que resisten la acción raspadora de *Diadema antillarum*.

Desarrollo actual de los blanquiales en las costas de Canarias

Las islas Canarias tienen un perímetro de costas de 1.291 km, pero la plataforma costera (hasta 50 metros de profundidad), que es la zona óptima para el desarrollo de los productores bentónicos (algas y fanerógamas), sólo ocupa una superficie de 2.256 km² debido a la gran pendiente de los edificios insulares (Aguilera *et al.*, 1994).

En esta reducida banda, el erizo *Diadema antillarum* presenta unas poblaciones extraordinariamente densas en los fondos rocosos, que lo han convertido en una auténtica plaga, sobre todo en las zonas más abrigadas. Este fenómeno reduce considerablemente la capacidad productiva de la franja costera, repercutiendo directamente en los niveles tróficos superiores.

Aunque esta situación se conoce al menos desde principios de los años setenta —cuando se inician las investigaciones marinas en laboratorios canarios—, es desde mediados de los ochenta cuando se le comienza a prestar atención. Probablemente, este erizo ha sido siempre relativamente abundante en las Islas, dado que se trata de una especie muy competitiva y el componente depredador especializado (conjunto de especies que tienen en este erizo una presa importante) no parece tener la entidad suficiente para controlarla, salvo en sectores muy concretos de las más occidentales. No obstante, se tiene la certeza de que ha habido un crecimiento progresivo y notable de las poblaciones en las últimas décadas, llegando a densidades muy altas, con valores medios de hasta 11 ejemplares/m² en algunas zonas (Tabla 1) (Aguilera *et al.*, 1994; Casañas *et al.*, 1998; Brito *et al.*, 2001; Brito *et al.*, 2002).

	ESTACIONES	COMUNIDAD	EXPOSICIÓN	PROF.BORDE	DENSIDAD	TALLA
RESERVA MARINA DE LA GRACIOSA	Montaña Amarilla (La Graciosa)	Blanquizal	Abrigado	3	1,35	54,21
	La Caletilla (La Graciosa)	Algal	Abrigado	--	0,09	81,78
	Cuevas Coloradas (Montaña Clara)	Blanquizal maduro	Abrigado	5	4,05	51,62
	Punta Fariones (Lanzarote)	Blanquizal	Abrigado	3	1,48	56,44
	Punta de La Mareta (Alegranza)	Blanquizal maduro	Abrigado	3	3,41	48,85
	Roque del Este (sotavento)	Blanquizal	Semiexpuesto	7	2,65	58,33
RESERVA MARINA DEL MAR DE LAS CALMAS	Muelle de La Restinga	Algal	Abrigado	--	0,04	-
	Playa de La Herradura	Algal	Abrigado	--	0,13	52,64
	Cueva de Los Frailes	Algal	Abrigado	--	0,06	62,4
	Punta de Los Frailes	Algal	Abrigado	--	0,08	38,5
	La Gabarra	Algal	Abrigado	--	0,09	-
	Roque Chico	Algal	Abrigado	--	0,07	49,28
	Punta de Las Cañas	Algal	Abrigado	--	0,05	51,31
	Punta de Las Lapillas	Algal	Abrigado	--	0,09	34
	Cueva del Diablo	Algal	Abrigado	--	0,2	50,83
	Punta de Tacorón	Algal	Abrigado	--	0,18	39
	Punta de las Lajas del Lance	Algal	Abrigado	--	0,24	-
	Punta de Los Mozos	Algal	Abrigado	--	0,07	76,77
LA PALMA	Punta de Las Llanadas	Algal	Semiexpuesto	--	0,12	-
	Punta Gorda	Blanquizal	Semiexpuesto	8	2,97	-
	Callado Nuevo	Blanquizal	Abrigado	11	1,78	52,56
	Playas de Las Vinagreras	Blanquizal	Abrigado	8	1,77	-
	El Roque	Blanquizal	Abrigado	9	2,37	-
	Morro Negro	Blanquizal	Abrigado	10	2,55	-
GRAN CANARIA	Punta del Tumas	Borde	Expuesto	18	0,66	-
	Punta del Cardonal	Blanquizal	Expuesto	6	2,56	62,37
	Dedo de Dios	Borde	Expuesto	5	1,06	-
	Castillo del Romeral	Blanquizal	Semiexpuesto	6	1,93	-
	Playa del Cardón	Algal	Semiexpuesto	--	0,3	60,39
	Playa Corral de Espino	Blanquizal	Semiexpuesto	6	2,45	-
LANZAROTE	Hoyas Hondas	Blanquizal	Abrigado	5	1,07	--
	Playa Los Pocillos	Blanquizal maduro	Abrigado	4	3,86	--
	Playa Matagorda	Blanquizal maduro	Abrigado	4	3,63	--
	Playa Honda	Blanquizal maduro	Abrigado	3	3,18	47,64
TENERIFE	Agua Dulce	Blanquizal maduro	Abrigado	3	4,05	43,54
	Montaña Roja	Borde	Semiexpuesto	4	1,86	69,73
	Las Galletas	Blanquizal maduro	Abrigado	5	7,79	36,19
	El Banco	Blanquizal maduro	Abrigado	6	3,39	52,42
	Abades 1	Blanquizal maduro	Abrigado	0,5	11,26	27,90
	Abades 2	Borde	Abrigado	0,5	2,72	40,72
	Masca 1	Blanquizal maduro	Abrigado	2	6,56	34,87
	Masca 2	Borde	Abrigado	2	2,33	48,97
	La Caleta	Borde	Abrigado	2	2,06	59,70
	Boca Cangrejo 1	Blanquizal maduro	Semiexpuesto	2	7,15	39,6
	Boca Cangrejo 2	Borde	Semiexpuesto	2	4,94	59,78

LA GOMERA	Punta Narices	Blanquizal	Abrigado	5	2,90	44,77
	Roque de Iguala	Blanquizal	Semiexpuesto	5	2,04	49,62
	Punta del Becerro	Blanquizal	Abrigado	5	2,94	58,87
	La Sepultura	Blanquizal maduro	Expuesto	5	3,47	48,07
	Los Órganos	Blanquizal	Expuesto	10	1,43	69,5
	Roques de Arguamul	Blanquizal	Expuesto	15	2,17	68,4
	Punta de Agulo	Blanquizal	Expuesto	9	2,83	58
	Roque de Agulo	Blanquizal maduro	Expuesto	10	3,33	59,05
	Punta de Los Órganos	Blanquizal	Expuesto	10	2,01	55,65

Tabla 1. Densidad (n° ejemplares/m²) y talla media (diámetro del caparazón en mm) de *Diadema antillarum* en diferentes estaciones del archipiélago canario, con indicación de la comunidad, grado de exposición al oleaje de la estación y la profundidad media (m) a la que se inicia el blanquizal.

Encontrar un motivo claro y concluyente del aumento desmesurado de los blanquizales es difícil. Sin duda alguna, la sobreexplotación pesquera que vienen sufriendo las islas en las últimas décadas es una de las causas con mayor peso, pues ha hecho disminuir considerablemente el número de predadores del erizo, tanto de los especializados como de aquellos que lo comen sin tenerlo como una presa principal; entre estos últimos se encuentran muchas especies de gran interés pesquero. Los vertidos contaminantes y la ocupación de la franja costera, procesos directamente relacionados con el desmesurado desarrollo experimentado en los últimos tiempos en algunas islas, afectan también a las comunidades algales, eliminándolas rápidamente y facilitando la colonización de los

erizos e incluso ofreciéndoles con frecuencia un hábitat idóneo (escolleras, espigones, etc.) para el desarrollo de nuevos blanquizales allí donde no existían. Otro factor que posiblemente ha favorecido reclutamientos masivos de este erizo de origen tropical son los episodios de calentamiento anormal del agua, como el ocurrido a finales de la década de los noventa (Brito *et al.*, 1998).

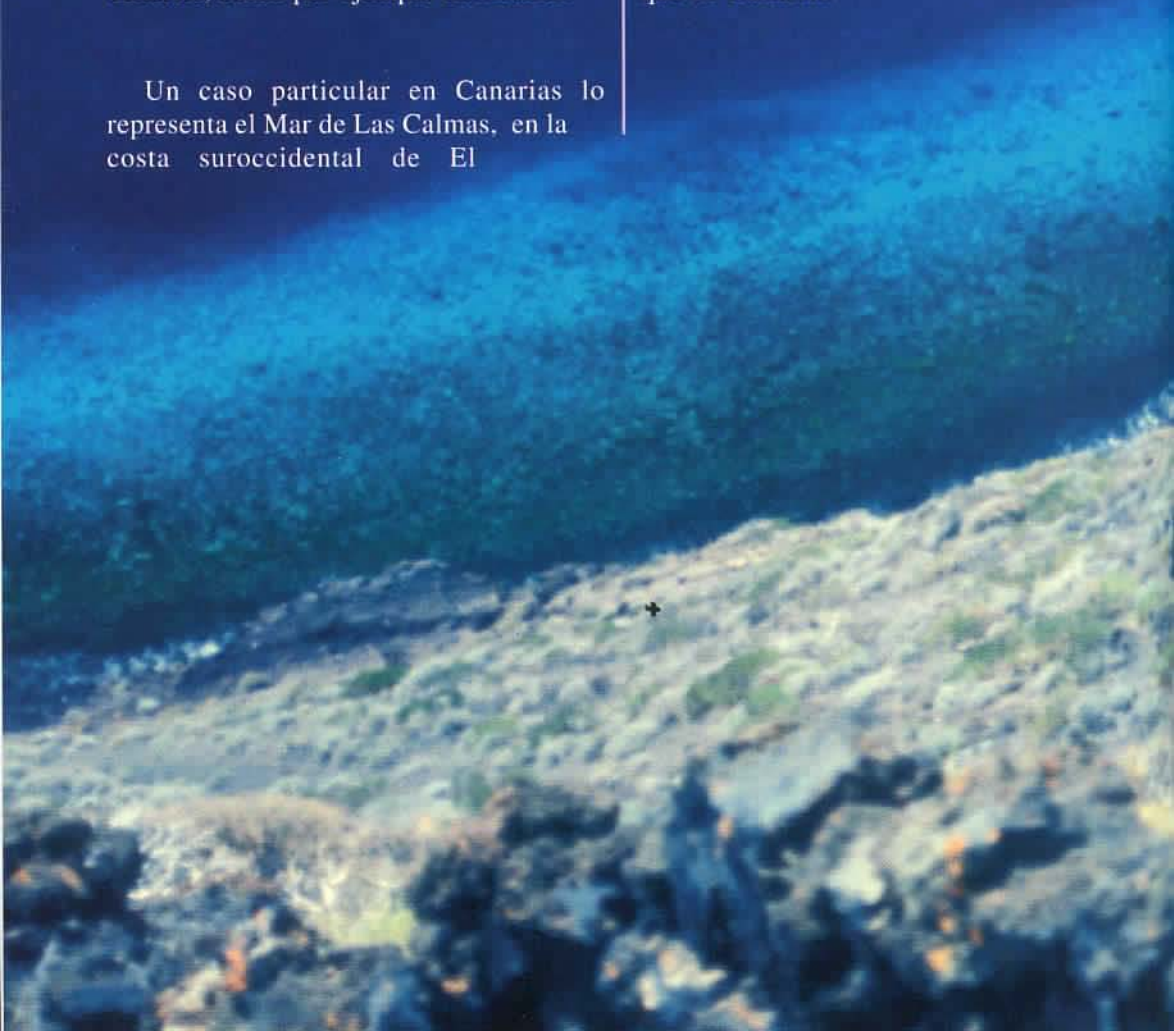


La sama roquera (*Pagrus auriga*) es una de las especies de interés pesquero que deprenda sobre el erizo; sus poblaciones se encuentran claramente sobre pescadas.

En zonas concretas, un determinado factor puede haber tenido más influencia, pero probablemente la sinergia ha jugado un papel muy importante. En cualquier caso, lo cierto es que, en algunas islas, el blanquizar llega a formar una verdadera orla a su alrededor, con la única diferencia de que la cota batimétrica del borde superior está a menos profundidad (0.5-5 m) en los sectores más abrigados que en los batidos por el oleaje, donde aparece a los 10-15 m. Sin duda alguna, las zonas más afectadas son las orientadas al sur, puesto que en ellas encuentran las condiciones de calma idóneas para llevar su acción ramoneadora hasta fondos muy someros; incluso, hemos encontrado erizos en charcos de la franja intermareal en puntos del sur de Tenerife, como por ejemplo en Abades.

Un caso particular en Canarias lo representa el Mar de Las Calmas, en la costa suroccidental de El

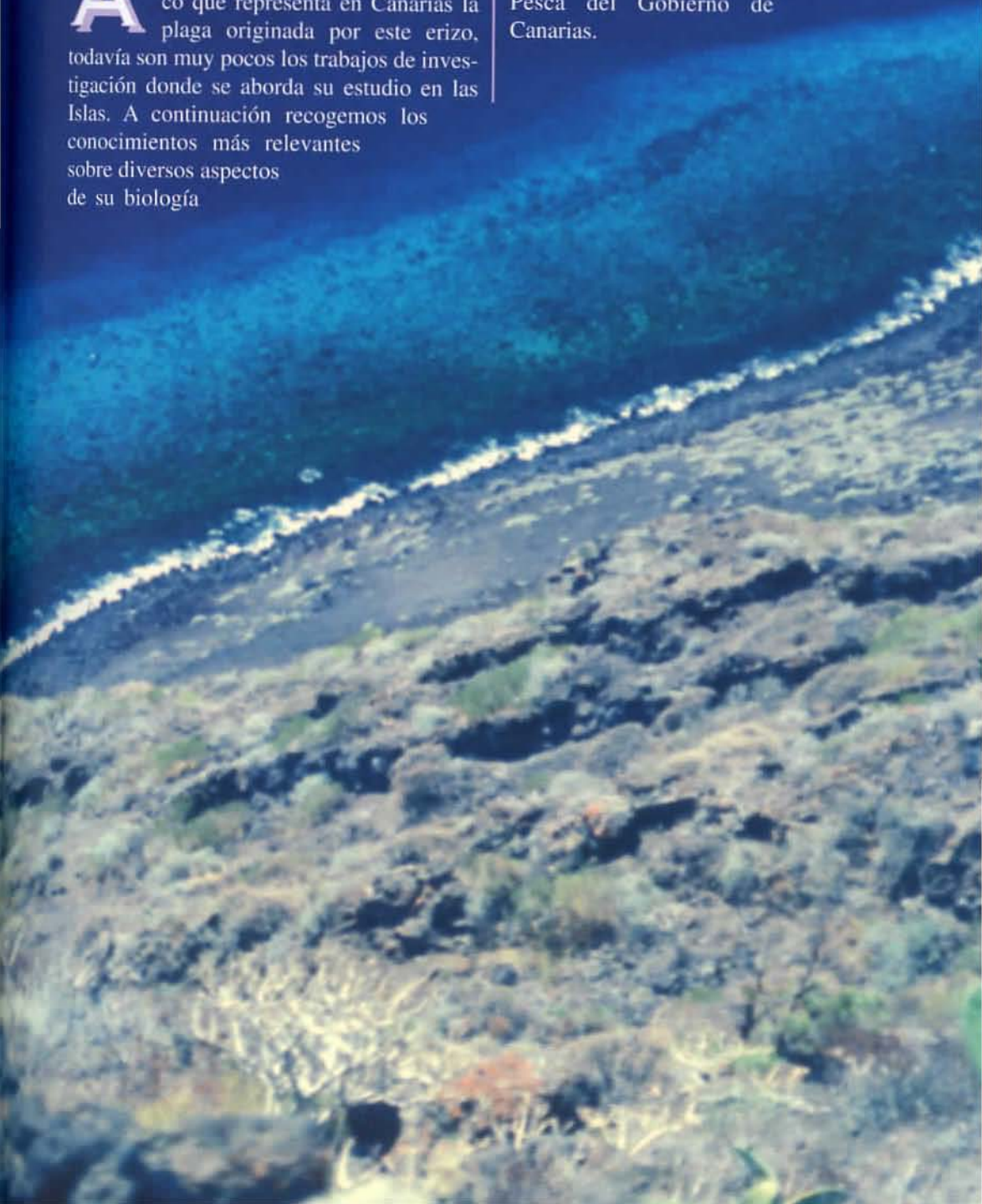
Hierro, el sector de aguas más cálidas de todo el archipiélago, donde las densidades del erizo se mantienen bajas en áreas extensas (fenómeno conocido al menos desde principio de los años ochenta) y se encuentran exclusivamente refugiados en grietas y otras oquedades. En estos ambientes más equilibrados predominan las algas y las poblaciones de depredadores especializados (tamboril espinoso, gallos, etc.) alcanzan aquí su mayor nivel. También la actividad pesquera está bien ajustada a las condiciones del ecosistema. Esta situación es parecida a la que se observa en las islas de Cabo Verde, donde los depredadores especializados son abundantes y la explotación pesquera de los recursos de fondo es menor, en general, que en Canarias.



Biología y ecología de *Diadema antillarum*: estado actual de los conocimientos en Canarias

A pesar del gran problema ecológico que representa en Canarias la plaga originada por este erizo, todavía son muy pocos los trabajos de investigación donde se aborda su estudio en las Islas. A continuación recogemos los conocimientos más relevantes sobre diversos aspectos de su biología

y ecología en Canarias, derivados en gran medida del trabajo de investigación de nuestro propio grupo de trabajo, obtenidos en el desarrollo de proyectos de investigación financiados por la Viceconsejería de Medio Ambiente y por la Viceconsejería de Pesca del Gobierno de Canarias.



Biotipos

El erizo de lima posee una plasticidad asombrosa para adaptarse a las más diversas circunstancias, cambiando su morfología y estrategias de vida, lo que le permite sobrevivir a densidades altísimas con escaso aporte nutricional. Es capaz de reducir su tamaño corporal para adecuarse a la cantidad de alimento existente, mostrando una clara correlación negativa entre el

tamaño corporal y la densidad de individuos. Por ello, encontraremos ejemplares de gran tamaño en los fondos rocosos con coberturas algales considerables, o en zonas de borde entre los fondos vegetados y el blanquizal, y altas densidades de individuos pequeños en los blanquizales maduros prácticamente sin cobertura algal (Figura 1). De esta forma, el erizo puede sobrevivir en lugares con escasez de recursos, simplemente ramoneando las yemas, larvas y otros propágulos que se asientan continuamente en el fondo.

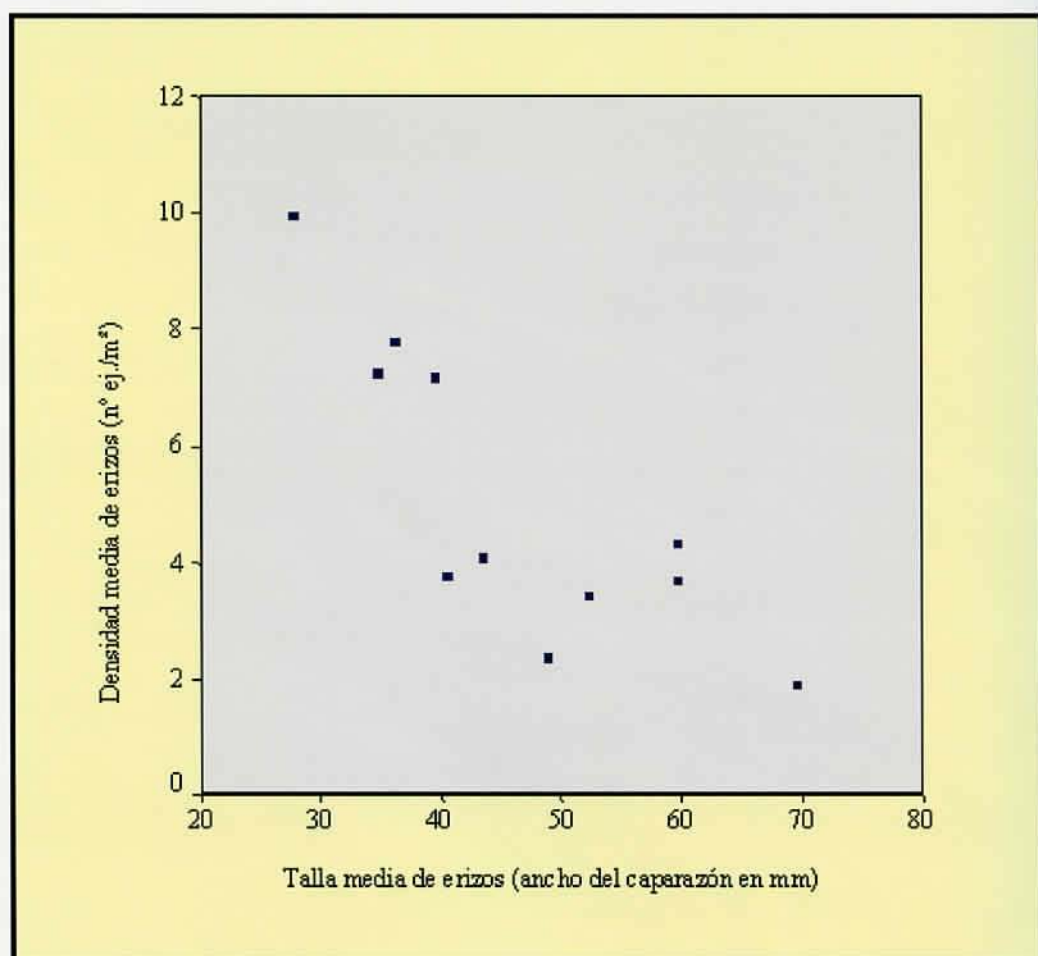


Figura 1. Relación entre la talla media y la densidad media de *Diadema antillarum* en estaciones muestreadas de Tenerife. Se observa una marcada correlación negativa ($r = -0.821$; $p < 0.001$), de forma que la talla es menor cuando hay mayor densidad y viceversa.

Las diferencias de densidad y tamaño corporal pueden ser tan espectaculares como, por ejemplo, las encontradas entre la población de erizos de Caleta del Sebo (La Graciosa, Lanzarote), con una densidad media de 0,09 ejemplares/m² y un tamaño medio de 81.78 mm (diámetro del caparazón), y la de Abades (Tenerife), donde alcanza una densidad media de 11,26 ejemplares/m² y un tamaño medio de 27.90 mm (Tabla 1).

Alimentación

Los erizos poseen un potente aparato bucal, denominado "linterna de Aristóteles", con el que pueden raspar con facilidad los céspedes algales. En el caso de *Diadema*, este órgano alcanza un gran desarrollo, lo que le da ventaja frente a otros equinoideos.

Las experiencias en laboratorio ponen de manifiesto una preferencia por algas de mayor palatabilidad como *Halopteris*, *Lobophora* y *Dictyota*, frente a otras como *Padina* y *Cystoseira*, en experimentos realizados exclusivamente con algas pardas (Tuya *et al.*, 2002). En condiciones naturales, los estudios que hemos realizado con los erizos de zonas borde y de blanquizal maduro corroboran estas preferencias, pero son las algas rojas las de mayor presencia en los estómagos. No obstante, si bien las algas son siempre más abundantes, también se alimentan de invertebrados, pues en los blanquizontes maduros, donde la cobertura vegetal es mínima, el porcentaje de éstos en los contenidos estomacales aumenta (Herrera-López *et al.*, 2004). Por tanto, se considera que el erizo de lima tiene una dieta omnívora; en algunas ocasiones se ha observado incluso un comportamiento carroñero, aprovechando peces muertos u otros erizos.

Dependiendo del hábitat donde se encuentre, adopta comportamientos alimenticios diferentes. Por ejemplo, en zonas de blanquizal los erizos se ven obligados a moverse para ir raspando la superficie rocosa; normalmente se muestran más activos por la noche, presentando un comportamiento de "homing" o fidelidad al refugio (Tuya *et al.*, 2004). Por el contrario, en las zonas de elevada cobertura algal esperan en sus grietas o refugios a que la propia dinámica marina les aporte las algas desprendidas, o bien realizan pequeñas incursiones para alimentarse. A este último comportamiento se le conoce con el nombre de "sit and wait" en la literatura científica.

Reproducción y asentamiento larvario

A l contrario que en las aguas tropicales del Caribe, en Canarias *D. antillarum* presenta una clara estacionalidad en el ritmo reproductivo (Bacallado *et al.*, 1987; Garrido *et al.*, 2000; Brito *et al.*, 2002). Este patrón tiene un máximo desarrollo de los órganos reproductores (gónadas) a finales de primavera y principios del verano, posiblemente relacionado con el aumento en la disponibilidad de alimento en invierno y primavera, y un segundo pico de menor importancia en otoño. Conviene señalar que los individuos de las zonas borde, de mayor tamaño, presentan un índice reproductivo superior durante todo el año frente a los de blanquizal maduro. La importancia de este hecho radica en que los individuos de borde seguramente poseen la capacidad de producir gametos durante todo el año, mientras que los individuos de blanquizal sólo parecen contribuir después de las épocas favorables (mayor disponibilidad de alimento).

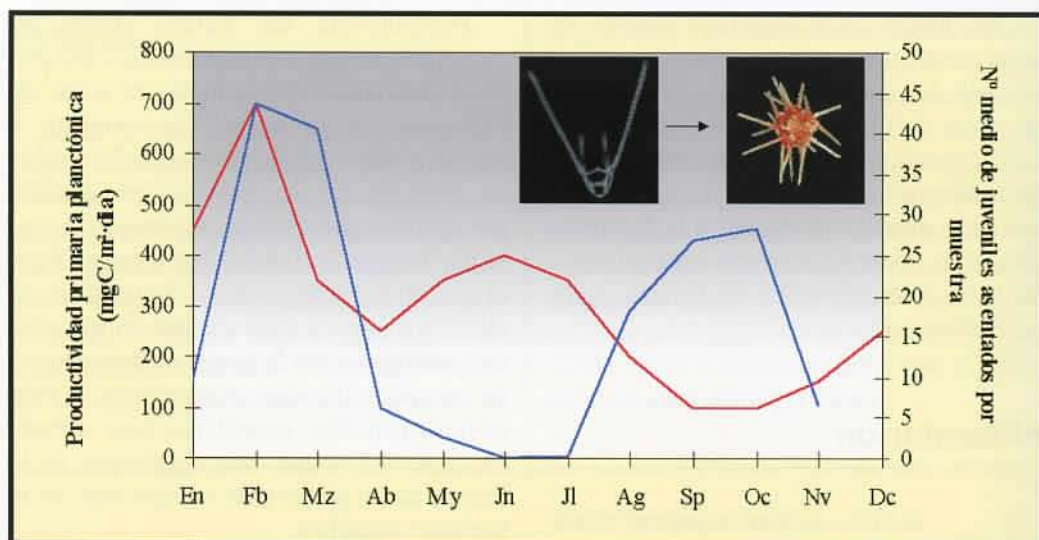


Figura 2. Número de juveniles asentados (línea azul) y productividad primaria planctónica en aguas canarias (línea roja) (tomado de Braun, 1979). Las fotos representan el cambio morfológico que ocurre en el paso de larva a juvenil. Este tipo de juvenil recién formado es el que encontramos en los colectores usados para el estudio del asentamiento.

Los estudios de asentamiento larvario apoyan la hipótesis anterior, pues éste ocurre de manera continua durante el año, salvo en los meses del máximo gonadal principal, con dos picos ligeramente retrasados respecto a los de madurez, es decir, uno en invierno y otro a finales de verano (Figura 2). Aunque parece existir un desacople entre el máximo del desarrollo gonadal y posterior desove (principios de verano) con los picos de productividad primaria planctónica, *D. antillarum* consigue tener dos picos de asentamiento en un ciclo anual.

Predación

Existen pocos datos precisos de la depredación sobre *D. antillarum* en Canarias. Se conocen observaciones de depredación por parte de, al menos, doce peces, dos estrellas de mar y tres gasterópodos, pero es muy probable que

otras especies se alimenten de las fases juveniles del erizo (pejeverde, carajillo real, tamboril azul, etc.).

El tamboril espinoso (*Chilomycterus atringa*) es uno de los depredadores más voraces de *Diadema* que existen en Canarias, llegando a constituir el 80% de su dieta (Brito y Falcón, 1990). Entre los peces, otros depredadores destacados son: la sama roquera (*Pagrus auriga*), el gallo cochino (*Balistes carolinensis*), el gallo aplomado (*Canthidermis sufflamen*) y el pejeperro (*Bodianus scrofa*). Para este último, los estudios realizados señalan que los equinoideos están presentes en el 85% de los estómagos y *D. antillarum* en concreto en el 32% de los que contienen erizos. Actualmente, en la mayoría de los blanquiales en avanzado estado de madurez, las estrellas (especialmente *Coscinasterias tenuispina*) y, en menor medida, los busios (*Charonia spp.*) son los que ejercen un mayor control sobre los adultos del erizo de lima, debido a las bajas densidades de las demás especies depredadoras.



La estrella *Coscinasterias tenuispina* depreda de forma importante sobre los erizos en las zonas de blanquiazal.



El Tamboril espinoso (*Chilomycterus atringa*) es un depredador especializado, que tiene a *Diadema antillarum* como su presa principal.

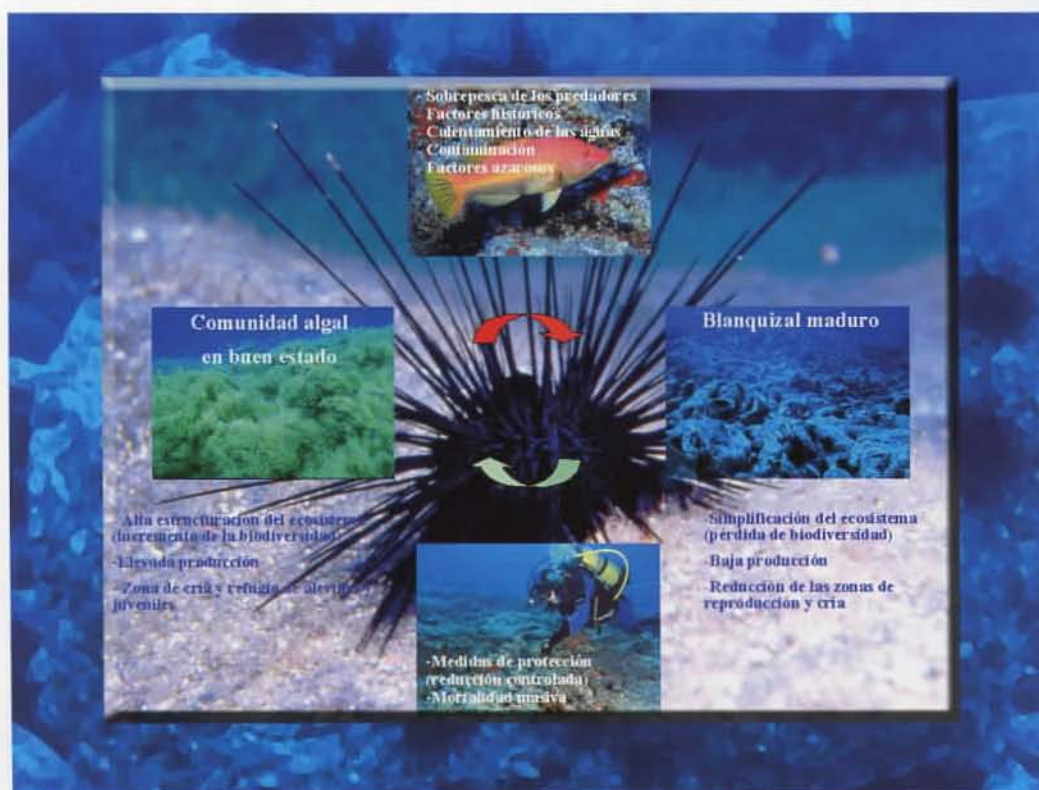
Parasitismo y comensalismo

Algunos erizos hospedan un molusco gasterópodo parásito denominado *Echineulima leucophaea*. En Tenerife se han estimado porcentajes de parasitismo de hasta un 4% de los ejemplares en blanquizales maduros (Rodríguez *et al.*, 2001).

Como comensales aparecen los decápodos *Tuleariocaris neglecta* y *Stenorhynchus lanceolatus*, que buscan las protección entre las púas de *Diadema*. También hemos observado un comportamiento similar por parte de juveniles de algunos peces, como es el caso del pejeverde (*Thalassoma pavo*) y la fula blanca (*Chromis limbata*).

Medidas de control y actuaciones en curso

Es probable que una buena ordenación pesquera contribuya a reducir globalmente las poblaciones del erizo a largo plazo. En algunas partes del mundo ha sido muy útil para controlarlos la creación de una red de reservas marinas, que han propiciado una recuperación de los depredadores, alcanzándose un nuevo equilibrio en los ecosistemas. Ésta es una posibilidad válida para zonas más o menos extensas a medio plazo y largo plazo, pero es importante atacar el problema con prontitud, aunque sólo sea en sectores concretos de alto valor ecológico.



Se han sugerido diversos planteamientos de acciones encaminadas a controlar esta plaga, desde la pesca de los erizos para el consumo en fresco de las huevas o para elaborar conservas a su uso como materia prima para los piensos utilizados en el cultivo de peces, pasando por las matanzas organizadas por buceadores. Con respecto a la primera medida, es necesario señalar que el análisis químico no facilita el planteamiento, ya que las gónadas de *D. antillarum* contienen grandes cantidades de colesterol y, además, sólo los ejemplares grandes de zonas borde tienen tamaños de gónada aprovechables. En lo que se refiere a las matanzas por buceadores, pueden ser útiles para mantener a los erizos controlados en zonas concretas de alto valor ecológico, pero es imposible aplicar dicho tratamiento a espacios grandes.

Actualmente se están llevando a cabo algunas experiencias piloto de reducción controlada en puntos concretos de Tenerife, como paso previo a un plan de recuperación de los fondos costeros más amplio que tiene prevista la administración medioambiental canaria, cuyos resultados comentaremos a continuación.

Experimentos de reducción

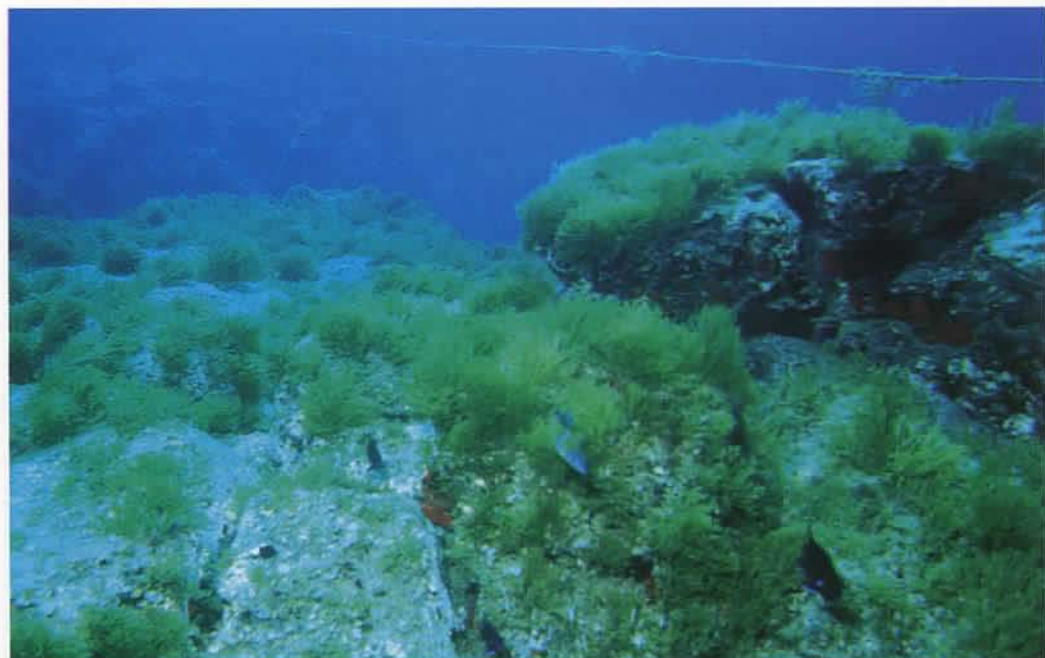
Uno de los trabajos de investigación que mejor pueden ayudar a comprender el importante papel que juega *D. antillarum* en los ecosistemas litorales es la reducción controlada de la densidad de erizos y el posterior seguimiento de las diferentes comunidades de sucesión de algas, invertebrados y peces. En este sentido, exponemos a continuación sucintamente los resultados obtenidos a lo largo del año 2002 en dos localidades de Tenerife (Abades y Masca), en parcelas de 2.500 m² de blanquiazal maduro.

Después de los muestreos previos de algas, invertebrados y peces en dichas parcelas experimentales y en otras de control del mismo tamaño situadas próximas, se procedió a una intensa eliminación manual de los erizos durante el primer mes en las parcelas experimentales, consiguiéndose una reducción del 94% de la población inicial, porcentaje que se mantuvo mediante controles periódicos mientras duró el experimento (Figura 3).

Los cambios ocurridos en las parcelas experimentales fueron espectaculares, mientras que las de control apenas mostraron las variaciones estacionales conocidas. Como era de esperar, la reducción de la densidad de erizos originó un rápido crecimiento algal, aumentando la diversidad y la cobertura (Figura 3). Ya en el primer mes se desarrolló un tapiz vegetal muy fino, formado principalmente por diatomeas, y seguidamente aparecieron algas rojas filamentosas del grupo de las Ceramiales. A partir del segundo mes se estableció una verdadera comunidad de *Dictyota dichotoma*, con coberturas superiores al 75%, que dejó paso a una comunidad mixta de algas pardas, donde *Lobophora variegata* y *Padina pavonica* tomaron un importante protagonismo. Posteriormente, otras algas pardas y numerosas rojas fueron incrementando la diversidad y cobertura vegetal a lo largo del experimento, lo cual trajo aparejado un notable incremento de los invertebrados asociados a la vegetación (crustáceos, anélidos, etc.).

En cuanto a los invertebrados bentónicos sésiles, la respuesta fue diferente dependiendo del grupo taxonómico y de la fase de sucesión de la comunidad. Algunos invertebrados, como las esponjas, hidroideos, poliquetos tubícolas y





Parcela experimental, a los dos meses de eliminarse el 94 % de los erizos, colonizada por una comunidad de algas dominada por *Dictyota dichotoma*.



Detalle de la comunidad de algas mixtas, donde aparece el alga roja *Asparagopsis taxiformis*, a los seis meses de la reducción de erizos.

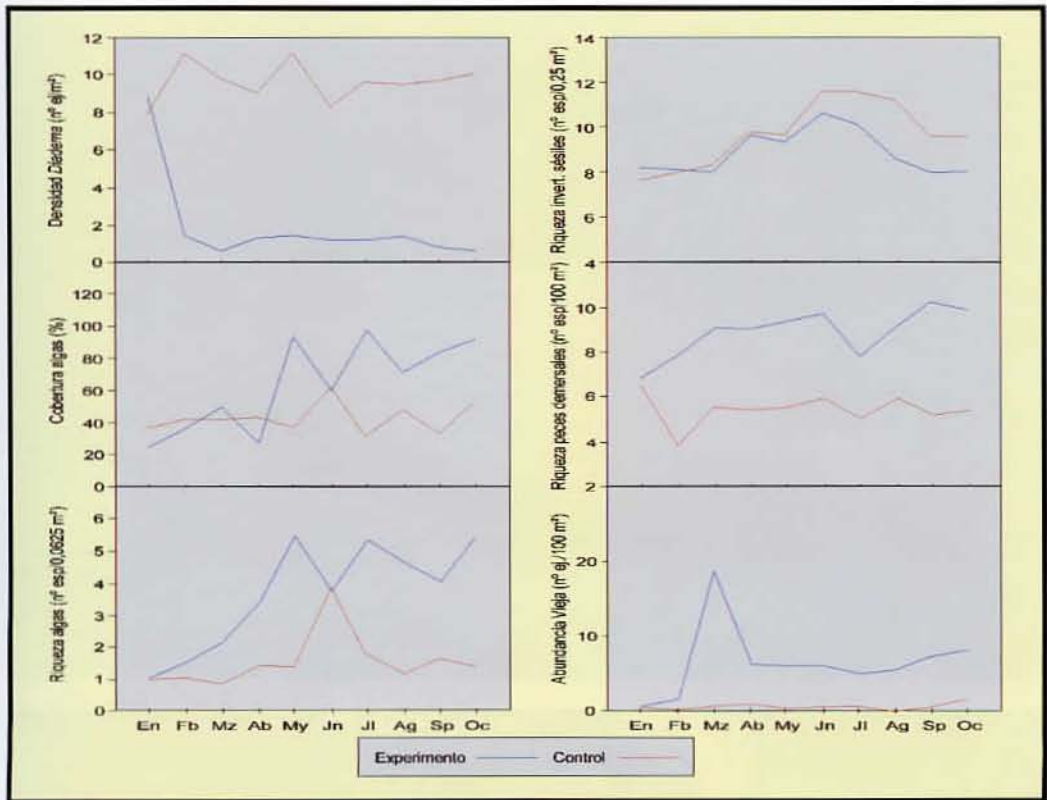


Figura 3. Resultados obtenidos durante el desarrollo del experimento de reducción de erizos en la estación de Adades, donde se pueden observar la evolución de las distintas poblaciones y comunidades.

cirrípedos, fueron aumentando progresivamente hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio dinámico más complejo y estructurado (Figura 3). Al aumentar la cobertura vegetal y, por tanto, la competencia por el sustrato, otros invertebrados sésiles, como los briozoos, disminuyeron ligeramente o se sustituyeron unas especies por otras.

Finalmente, el cambio experimentado en la comunidad de peces demersales fue notable, con un aumento muy importante en la riqueza y diversidad, así como en la abundancia de numerosas especies, entre las cuales se encuentran algunas de gran interés pesquero. El caso más espectacular

fue el de la vieja (*Sparisoma cretense*), especie herbívora que rápidamente fue atraída por la mayor disponibilidad de alimento.

Los juveniles de esta especie, además de alimento, encontraron entre las algas refugio frente a los depredadores, lo que se tradujo en un reclutamiento exitoso que, por el contrario, no se apreció en el blanqueado maduro de control de la misma zona. Varias especies carnívoras, tales como el sargo o el bocinero y, en menor medida, el salmonete, y algunos microcarnívoros de escaso o nulo interés pesquero (pejeverde, gallito, tamboril, etc.) también respondieron favorablemente.



Las abundancia de viejas aumentó de forma espectacular una vez se llevó a cabo la reducción de erizos en la parcela experimental. Tanto los individuos adultos (arriba) como los juveniles (abajo) encontraron nuevos recursos (alimento, refugio, etc.).

Referencias

AGUILERA, F., A. BRITO, C. CASTILLA, A. DÍAZ, J. M. FERNÁNDEZ-PALACIOS, A. RODRÍGUEZ, F. SABATÉ y J. SÁNCHEZ (1994). *Canarias, economía, ecología y medio ambiente*. Francisco Lemus editor. La Laguna. 361 pp.

BACALLADO, J. J., A. BRITO, T. CRUZ, M. CARRILLO y J. BARQUÍN (1987). "Proyecto Bentos II. Anexo: Estudio de la biología del Erizo de Lima (*Diadema antillarum*)". Informes de la Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno de Canarias.

BRAUN, J. G. (1979). Estudio de la productividad de las aguas de las Islas Canarias. I. Hidrografía, nutrientes y producción primaria. *Bol. Inst. Esp. Oceanog.*, 5: 149-157.

BRITO, A. y J. M. FALCÓN (1990). Contribución al conocimiento de la distribución y ecología de *Chilomycterus atringa* (Pisces, Diodontidae). *Vieraea*, 19: 271-275.

BRITO, A., J. BARQUÍN, J. G. BRAUN, J. REYES, J. M. FALCÓN, G. GONZÁLEZ, P. J. PASCUAL, A. BÁEZ, M. CABRERA, A. SANCHO, P. MARTÍN-SOSA, C. DORTA y J. O. TOSCO (1998). *Informe final del proyecto de investigación: "Estudio de los parámetros biológicos, ecológicos y pesqueros en relación con el funcionamiento de las reservas marinas canarias"*. Tomos I y II. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación, Gobierno de Canarias. Universidad de La Laguna. Informe no publicado. 515 pp. + anexos.

BRITO, A., J. M. FALCÓN, J. G. GONZÁLEZ, A. SANCHO, P. PASCUAL, N. GARCÍA y J. C. HERNÁNDEZ (2001). "*Estudio sobre la valoración del estado de las poblaciones de erizos y desarrollo del blanquizar en la reserva marina de La Graciosa*". Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación, Gobierno de Canarias. Universidad de La Laguna. Informe no publicado. 36 pp.

BRITO, A., M. C. GIL-RODRÍGUEZ, J. C. HERNÁNDEZ, J. M. FALCÓN, G. GONZÁLEZ, N. GARCÍA, A. CRUZ, G. HERRERA y A. SANCHO (2002). *Estudio de la biología y ecología del erizo Diadema antillarum y de las comunidades de sucesión en diferentes zonas de blanquizar del Archipiélago*

Canario. Viceconsejería de Medio Ambiente, Gobierno de Canarias. Universidad de La Laguna. Informe no publicado. 337 pp.

CASAÑAS, A., H. H. LARSEN y R. HAROUN (1998). Developmental stages of blanquizar to herbivory by the sea urchin *Diadema antillarum* Philippi (Echinoidea: Diadematidae) in the Canary islands. *Bol. Mus. Mun. Funchal*, 5: 139-146.

GARRIDO, M. J., HAROUN, R. J. y H. A. LESSIOS (2000). Annual reproductive periodicity of the sea urchin *Diadema antillarum* Philippi in the Canary Island. *Bulletin of Marine Science*, 67 (3): 989-996.

HERRERA-LÓPEZ G., A. CRUZ-REYES, J. C. HERNÁNDEZ, N. GARCÍA, G. GONZÁLEZ-LORENZO, M. C. GIL-RODRÍGUEZ, A. BRITO y J. M. FALCÓN (2004). Alimentación y diversidad algal en la dieta del erizo *Diadema antillarum* en Tenerife, islas Canarias. *Revista de la Academia Canaria de las Ciencias*, 18 (3-4): 129-141.

LESSIOS, H. A., B. D. KESSING y J. S. PEARSE (2001). Population structure and speciation in tropical seas: global phylogeography of the sea urchin *Diadema*. *Evolution*, 55 (5): 955-975.

RODRÍGUEZ, M., J. BARQUÍN y G. PÉREZ-DIONIS (2001). Eulimid gastropods (Caenogastropodo: Eulimidae) of the Canary Island. Part I. Species parasitizing sea urchins. *Iberus*, 19 (1): 7-24.

TUYA, F., A. BOYRA, P. SÁNCHEZ-JEREZ, C. BARBERA y R. HAROUN (en prensa). Can one species determine the structure of the benthic community on a temperate rocky reef? The case of the long-spined sea urchin *Diadema antillarum* (Echinodermata: Echinoidea) in the eastern Atlantic. *Hydrobiologia*.

TUYA, F., J. A. MARTÍN y A. LUQUE (2004). Patterns of nocturnal movement of the long-spined sea urchin *Diadema antillarum* (Philippi) in Gran Canaria (Canary Islands, central east Atlantic Ocean). *Helgoland Marine Research*, 58: 1-26.

TUYA, F., J. A. MARTÍN, G. M. REUSS y A. LUQUE (2001). Food preferences of the sea urchin *Diadema antillarum* in Gran Canaria (Canary Islands, central-east Atlantic Ocean). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 81: 845-849.