

Relaciones interespecíficas entre *Diadema antillarum* (Echinodermata: Diademataceae) y otros invertebrados a lo largo del ciclo lunar.

Marc Sentís Hernández

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria. E-mail: marc.sentis101@estudiantes.ulpgc.es

RESUMEN

Diadema antillarum presenta cambios en sus patrones de distribución espacial en función de la iluminación lunar, con mayor abundancia por transecto durante la luna nueva. Mostró una fuerte correlación con *Holothuria sanctorii*, probablemente debido a una relación de comensalismo. Además, se observó una estrecha asociación entre este erizo y el camarón *Cinetorhynchus rigens*, especialmente en las noches de luna llena.

Palabras clave: *Diadema antillarum*, relaciones interespecíficas, *Holothuria sanctorii*, *Cinetorhynchus rigens*, ciclo lunar, Islas Canarias.

ABSTRACT

Diadema antillarum showed a significant variation in its spatial distribution pattern depending of the moon phase, increasing its abundance (per transect) during the new moon. A strong correlation with *Holothuria sanctorii*, was shown which may suggest a commensalistic relationship. Moreover, an association between this sea urchin and *Cinetorhynchus rigens* was observed, particularly during the full moon periods.

Keywords: *Diadema antillarum*, interspecific relationship, *Holothuria sanctorii*, *Cinethorhynchus rigens*, lunar cycle, Canary Islands.

INTRODUCCIÓN

El interés por el estudio de la ecología de los erizos de mar, y en especial de *Diadema antillarum*, se debe al papel fundamental que representan en la estructuración de la comunidad bentónica (Espino *et al.*, 2006). En unos casos, estos estudios se orientan hacia la posible explotación pesquera (Muthiga, 2005), mientras que en otros, el interés se centra en los efectos sobre los ecosistemas que tiene la drástica reducción de especies de interés comercial que ejercen control predatorio sobre las poblaciones de erizos (McClanahan y Shafir, 1990; McClanahan *et al.*, 1996). Por ejemplo, en las últimas décadas, el Archipiélago Canario ha experimentado una disminución en las poblaciones de macroalgas como consecuencia indirecta de la sobrepesca de especies de peces neríticas, lo que ha favorecido la explosión demográfica de *Diadema antillarum* en las zonas someras (Aguilera *et al.*, 1994; Casañas *et al.*, 1998; Garrido *et al.*, 2000; Herrera *et al.*, 2000; Tuya *et al.*, 2004a).

A pesar de que la eriza (*Diadema antillarum*) es una especie cosmopolita y ampliamente estudiada por su doble carácter de plaga en el Atlántico Oriental y de especie amenazada en el Atlántico Occidental (Tuya *et al.*, 2005), aún quedan muchos aspectos desconocidos de la biología de este equinoideo. Es de hábitos gregarios, sobre fondos rocosos y rocoso-arenosos poco profundos. Busca refugio en cuevas y grietas para protegerse de los depredadores (Casañas *et al.*, 1998; Herrera *et al.*, 2000; Tuya *et al.*, 2004a). Pero, a diferencia de otros erizos, evita las zonas de alta turbulencia, por lo que

no es habitual en los primeros metros de la columna de agua (Alves *et al.*, 2001). Esto es consecuencia de que la proporción de la superficie de adhesión en relación con la altura del cuerpo es muy baja, a diferencia de lo que ocurre con *Arbacia lixula* y *Paracentrotus lividus*, cuya relación superficie de adhesión/altura es hasta tres veces más baja (Tuya *et al.*, 2007). Además, sus espinas son extremadamente frágiles, lo que dificulta su fijación al sustrato.

No obstante, la eriza tiene un papel importante en la estructura de las comunidades bentónicas litorales. Su acción ramoneadora llega a transformar los hábitats rocosos y cubiertos por frondosas algas en espacios dominados exclusivamente por algas coralinas incrustantes (Lawrence, 1975; Andrew y Underwood, 1989; Benedetti-Cecchi *et al.*, 1998; Pinnegar *et al.*, 2000; Shears y Babcock, 2003). A estas zonas sobreexplotadas, donde los depredadores no ejercen ningún tipo de presión sobre los erizos, se las conoce como blanquizales. En Canarias, este tipo de ecosistemas está proliferando de manera alarmante en las últimas décadas (Tuya *et al.*, 2003).

Un aspecto distintivo del comportamiento de esta especie es la marcada actividad nocturna, con una acentuada fidelidad al refugio (Tuya *et al.*, 2004b, c). Varios autores han sugerido que este comportamiento nocturno puede ser un mecanismo para evitar sustancialmente la predación a la que se ve sometida durante el día (Levitan y Genovese, 1989). Además, durante los desplazamientos nocturnos, la eriza se asocia con otras especies de

invertebrados, particularmente con camarones. No obstante, y aunque las relaciones interespecíficas son importantes para entender la ecología y comportamiento de una especie, éstas no se conocen en profundidad para el caso de *Diadema antillarum*. Sólo Tuya *et al.* (2006) han descrito una relación de comensalismo entre esta especie y holoturoideos, al alimentarse estos últimos de la materia fecal de la eriza. También se han observado juveniles de pomacéntridos protegiéndose entre las espinas de esta especie (J.J. Castro, com. pers.).

Por otra parte, y de forma tradicional, en los estudios relacionados con los biorritmos se ha otorgado a la luz solar, y más concretamente al fotoperíodo, una importancia capital en el desarrollo del comportamiento animal. Recientemente, el ciclo lunar ha sido identificado también como el responsable de numerosos procesos que acontecen en el mar. Así, se conocen relaciones entre las diferentes fases lunares y la fauna epiplanctónica (Hernández-León *et al.*, 1998), la puesta de peces tropicales y subtropicales (Victor, 1986; Robertson *et al.*, 1988; Dufour, 1991; Crabtree, 1995; Ochi *et al.*, 1999) e incluso se ha detectado una sincronización lunar en el patrón de depredación del cachalote, *Physeter macrocephalus* (Wright, 2005).

Prácticamente, la totalidad de los estudios sobre la influencia del ciclo lunar sobre erizos se han referido únicamente a la reproducción. En dichos trabajos se han tenido en cuenta los índices gonadosomáticos para establecer los períodos de puesta de las distintas especies de erizos y los factores que les influyen (Hereu *et*

al., 2004; Muthiga y Jaccarini, 2005; Coppard y Campbell, 2005; Muthiga, 2005). Por lo tanto, aún existe un importante vacío en la investigación del comportamiento nocturno de los equinoideos en relación con las fases lunares, y sus interrelaciones con otras especies.

El objetivo del presente trabajo es estudiar las diferencias en la distribución y densidad del erizo *Diadema antillarum* en función de las distintas fases del ciclo lunar.

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio fue realizado en la zona submareal poco profunda del muelle de Sardina del Norte (NW de la isla de Gran Canaria; 28°09'12,54"N, 15°41'55,51"W). Se escogió un solo punto de muestreo basándose en que, según Garrido (2003), no hay diferencias significativas en la distribución de *Diadema antillarum* en el norte y sur de la Isla.

Se llevó a cabo un muestreo nocturno por cada una de las fases lunares entre los días 10 de noviembre y 28 de diciembre de 2007. Para que éste fuese más preciso, todas las salidas se realizaron sobre las 21.30h, conjugando la dificultad logística del muestreo y la aclimatación a la oscuridad total de la eriza y el resto de fauna de hábitos nocturnos.

Se estudió una colonia de *Diadema antillarum* localizada entre 5-10 m de profundidad. Esta zona no constituye un blanquizal, por lo que el erizo mantiene sus hábitos crepusculares. Las observaciones fueron realizadas por un grupo variable de buceadores, equipados con escafandra autónoma, linternas e instrumental de medición. Se

realizó un número comprendido entre 6 y 12 transeptos de 5 metros cuadrados en cada inmersión. El trazado de cada transepto se realizó al azar, pero teniendo en cuenta que al menos hubiera un ejemplar de *D. antillarum*, para asegurar el análisis estadístico. No obstante, el método sobreestimación la densidad de erizas en la zona (siguiendo el procedimiento descrito en Tuya *et al*, 2007). En cada transepto se anotó la densidad de erizas y holoturias (*Holothuria sanctorii*) por metro cuadrado, el número de camarones, mayoritariamente *Cinetorhynchus rigens*, asociados y no asociados a las erizas.

Se calculó la media y la desviación estándar del censo de camarones por transepto, de modo que se consideró cada transepto de un mismo día como una réplica independiente del muestro.

RESULTADOS

A lo largo del muestreo se censaron un total de 276 ejemplares de *Diadema antillarum*, 415 *Holothuria sanctorii* y 439 *Cinetorhynchus rigens*. De estos últimos, 338 se encontraban asociados a erizas y el resto estaban distribuidos libremente. Aunque la especie más comúnmente observada fue *C. rigens*, ocasionalmente se observó algún ejemplar de *Brachycarpus biunguiculatus* asociado a las erizas.

Se observaron diferencias significativas en el grado de agregación de *Diadema antillarum* en función de que la luna se encontrase en fase de llena (fracción iluminada 100%) o nueva (fracción iluminación 0%) (Mann-

Whitney U test, $z= 2,186755$ $p=0,029$; Fig. 1). En luna nueva las erizas se encontraron más dispersas.

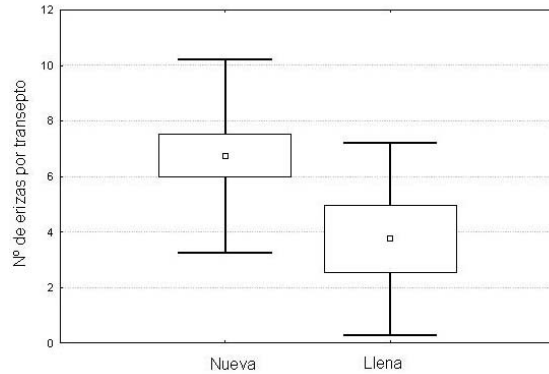


Figura 1. Número de erizas por transepto en función de la fase lunar.

Por otra parte, *Holothuria sanctorii* no muestra hábitos nocturnos que se puedan relacionar con la fase lunar. Sin embargo, sí se observó una significativa relación entre la abundancia de erizas y de estas holoturias (Correlación de Spearman, $r=0,6262$; $p<0,001$) (Fig. 2).

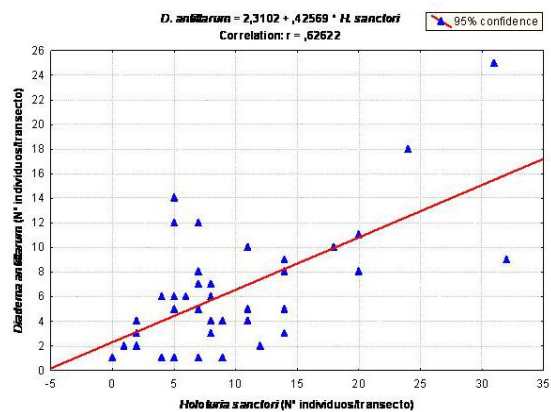


Figura 2. Relación entre la abundancia, en número de individuos por transepto, de *Diadema antillarum* y *Holothuria sanctorii*.

En el caso de *Cinetorhynchus rigens*, se observó que el grado de asociación de este camarón con la

eriza dependió de la fase lunar, siendo ésta significativamente más alta durante la fase de luna llena (Kruskal-Wallis ANOVA, $H=17,01$; $N=43$, $p=0,007$; Fig. 3), al contrario de lo observado con los niveles de desviación estándar que fueron más altos en luna nueva (Kruskal-Wallis ANOVA, $H=10,28$, $N=43$, $p=0,016$; Fig. 4). Sin embargo, la abundancia de camarones no asociados a erizas no mostró ningún patrón relacionable con la fase lunar.

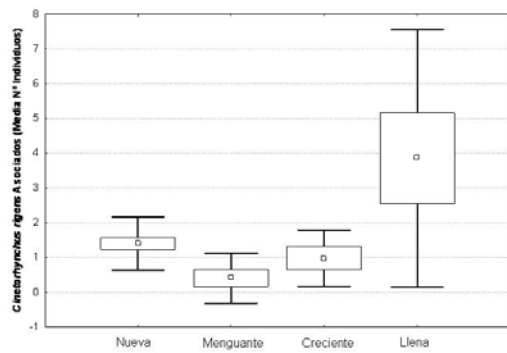


Figura 3. Abundancia de *Cinetorhynchus rigens* asociados a *Diadema antillarum* en función de la fase lunar.

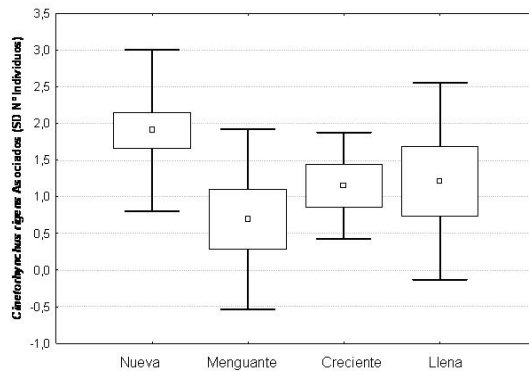


Figura 4. Variación de la desviación estándar de la abundancia de *Cinetorhynchus rigens* asociados a *Diadema antillarum* en función de la fase lunar.

DISCUSIÓN

Pennington (1985) argumenta que una densidad mayor de erizos puede representar un mayor éxito

reproductivo para la población, ya que la menor distancia entre las diferentes fuentes de los gametos afecta positivamente a la probabilidad de que se produzca la fecundación. Unos pocos metros de distancia entre individuos en el momento de la liberación de gametos puede suponer una bajísima tasa de fertilización, en relación a aquellos individuos cuya distancia es mínima (Pennington, 1985). Por lo tanto, si el momento de puesta coincide con luna llena (Randall *et al.*, 1964; Lewis, 1966; Bauer, 1976; Lessios, 1981), sería de esperar que haya una mayor densidad de erizos durante esta fase lunar, ya que permitiría aumentar considerablemente las posibilidades de éxito en la reproducción. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio no solo no sostienen la hipótesis de una mayor concentración de individuos durante la fase de luna llena, sino todo lo contrario. Hemos observado que la mayor concentración se ha dado en la fase lunar menos iluminada.

No obstante, y a pesar de los resultados obtenidos, la influencia de la luna sobre el comportamiento nocturno de *Diadema antillarum* no debería ser descartada, ya que el trabajo se realizó en los meses que corresponden al mínimo anual de desarrollo gonadal de esta especie (Garrido, 2000) Así, para rechazar por completo la hipótesis sería necesario repetir las observaciones a finales de primavera. De confirmarse los resultados, habría que considerar la posibilidad de que las estrategias para reducir la predación en las fases lunares de más iluminación, tuviese más peso en el comportamiento que las agregaciones con funciones reproductivas.

Por otro lado, la relación interespecífica encontrada entre la eriza y *Holothuria sanctorii* corroboran las observaciones realizadas por Tuya *et al.* (2006). Sin embargo, parece que este holoturoideo no muestra diferencias en su patrón de abundancia en función de la fase lunar, sino que está más estrechamente ligado al patrón de distribución que presente *Diadema antillarum*.

No obstante, las relaciones interespecíficas entre el camarón *Cinetorhynchus rigens* con *Diadema antillarum* sí que parecen estar condicionadas por la luminosidad nocturna que ofrece la luna. Así, se encontraron mayores densidades de camarones asociados a las erizas durante la luna llena. Esto puede ser debido al comportamiento fotofóbico de *C. rigens* (Okuno, 1994), gracias al cual evita la presión depredadora diurna. Por este motivo, durante las noches de mayor iluminación, utiliza la cobertura dada por los erizos para ampliar el rango del área de alimentación y minimizar el riesgo de depredación. Ya hay antecedentes de este comportamiento protector en especies sésiles con su propia prole (Witman, 1985), con otras especies móviles (Eggleston y Lipcius, 1992), e incluso de *D. antillarum* con juveniles de su misma especie y también con individuos adultos de otras especies de decápodos (Miller *et al.*, 2007).

Sin embargo, la densidad de camarones no asociados a *Diadema antillarum* no muestra una distribución ligada a la fase lunar, tal y como cabría esperar. Es muy posible que este resultado pueda estar condicionado por la técnica utilizada durante los censos nocturnos. Es probable que algunos ejemplares de *Cinetorhynchus*

rigens, al iluminar los buceadores los erizos para contabilizar los camarones asociados, huyen hacia alguna grieta cercana en busca de mayor protección, siendo contabilizado como no asociado.

La relación entre *Diadema antillarum* y *Cinetorhynchus rigens* puede ser básicamente de protección. Pero, también puede que este comportamiento de agregación sea por razones alimentarias. Como la gran mayoría de crustáceos (Ruppert y Barnes, 1969), *C. rigens* se alimenta de pequeños invertebrados y de materia orgánica particulada. Por ello, es posible que, al igual que las holoturias (Tuya *et al.*, 2006), se estén alimentando de la materia fecal proveniente de la eriza. Es de reseñar que la materia fecal de los equinoideos constituye una fuente orgánica de calidad, al defecar aproximadamente un 75% de la biomasa que ingieren (Mamelona y Pelletier, 2005).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la ayuda desinteresada de Y. Fernández, N. Cabanillas, Armando y M. Moyano en la toma de datos. También quiero agradecer al Dr. A. Luque y a J.A. Martín, que desde el Grupo de Investigación de Ecología Subacuática y Medio Ambiente Submarino de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, han apoyado el estudio, facilitando el material de buceo y de muestreo necesario. Además, agradecer al Dr. J.J. Castro y a M. Moyano la ayuda prestada con el análisis estadístico sin la cual no hubiera sido posible la finalización del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- 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*. Islas Canarias. Fco. Lemus (Ed.), pp.361.
- Alves, F.M.A., L.M. Chicharo, E. Serrao y A.D. Abreu. 2001. Algal cover and sea-urchin spatial distribution at Madeira Island (NE Atlantic). *Scientia Marina*, 65:383-392.
- Andrew, N.L. y A.J. Underwood. 1989. Patterns of abundance of the sea urchin *Centrostephanus rodgersii* (Agassiz) of the central coast of New South Wales, Australia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 131:61-80.
- Bauer, J.C. 1976. Growth, aggregation, and maturation in the echinoid, *Diadema antillarum*. *Bulletin of Marine Science*, 26:273-277.
- Benedetti-Cecchi, L., F. Bulleri y F. Cinelli. 1998. Density dependent foraging of sea-urchins in shallow subtidal reefs on the west coast of Italy (western Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 163:203-211.
- Casañas, A., H. Hanek-Larsen y R. Haroun. 1998. Developmental stages of blanquizal due to herbivory by the sea urchin *Diadema antillarum* Philippi in the Canary Islands. *Boletín do Museo Municipal do Funchal*, 5: 139-146.
- Coppard, S.E. y A.C. Campbell. 2005. Lunar periodicities of diademid echinoids breeding in Fiji. *Coral Reefs*, 24:324-332.
- Crabtree, R. 1995. Relationship between lunar phase and spawning activity of tarpon, *Megalops atlanticus*, with notes on the distribution of larvae. *Bulletin of Marine Science*, 56:895-899.
- Dufour, V. 1991. Variations of fish larvae abundance in reefs: effect of light on colonization of the reefs by fish larvae. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 313:187-194.
- Eggleston, D.B. y R.N. Lipcius. 1992. Shelter selection by spiny lobster under variable predation risk, social conditions, and shelter size. *Ecology*, 73(3):992-1011.
- Espino, F., A. Boyra, F. Tuya y R. Haroun. 2006. *Guía visual de especies marinas de Canarias*. Oceanográfica. pp. 482.
- Garrido, M.J. 2003. Contribución al conocimiento de *Diadema antillarum* Philippi 1845, en Canarias. Tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Pp. 107.
- Garrido M.J., R. Haroun, H.A. Lessios. 2000. Annual reproductive periodicity of the sea-urchin *Diadema antillarum* Philippi in the Canary Islands. *Bulletin of Marine Science*, 67:919-996.
- Hereu, B., M. Zabala, C. Linares y E. Sala., 2004. Temporal and spatial variability in settlement of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the NW Mediterranean. *Marine Biology*, 144: 1011-1018.
- Hernández-León, 1998. Annual cycle of epipelagic copepods in the Canary Island waters. *Fisheries oceanography*, 7:252-257.
- Herrera, R., M. Garrido y L. Moro-Abad. 2000. ¿Pierde diversidad el medio marino canario? Los blanquizales y el erizo *Diadema antillarum*. *Medio ambiente en Canarias*, 17:22-25.

- Lawrence, J.M., 1975. On the relationships between marine plants and sea-urchins. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 13, 213-286.
- Lessios, H.A., 1981. Reproductive periodicity of the echinoids *Diadema* and *Echinodermata* on the two coast of Panama. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 50:47-61.
- Levitan, D.R. y S.J. Genovese. 1989. Substratum-dependent predator-prey dynamics: patch reefs as refuges from gasteropod predation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 130:111-118.
- Mamelona, J. y E. Pelletier. 2005. Green urchin as a significant source of fecal particulate organic matter within nearshore benthic ecosystems. *Journal of experimental Marine Biology and Ecology*, 314:163-174.
- McClanahan, T.R. y S.H. Saphir. 1990. Causes and consequences of sea urchin abundance and diversity in Kenyan coral reef lagoons. *Oecologia*, 83:362-370.
- McClanahan, T.R., A.T. Kamukuru, N.A. Muthiga, M. Gilagabber y D. Obura. 1996. Effect of sea urchin reductions on algae, coral and fish populations. *Conservation Biology*, 10: 136-154.
- Miller, R.J., A.J. Adams, J.P. Ebersole y E. Ruiz. 2007. Evidence for positive density-dependent effects in recovering *Diadema antillarum* populations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 349:215-222.
- Muthiga, N.A, 2005. Testing for the effects of seasonal and lunar periodicity on the reproduction of the edible sea urchin *Tripneustes gratilla* (L.) in Kenyan coral reef lagoons. *Hydrobiologia* , 549:57-64.
- Muthiga, N.A. y V. Jaccarini. 2005. Effects of seasonality and population density on the reproduction of the Indo-Pacific echinoid *Echinometra mathaei* in Kenyan coral reef lagoons. *Marine Biology*, 146:445-453.
- Ochi, H., Y. Sato y Y. Yanagisawa. 1999. Obligate feeding of cichlid eggs by *Caecomastacembelus zebratus* in Lake Tanganyika. *Journal of Fish Biology*, 54:450-459.
- Okuno, J. 1994. A new species of hinge-beak shrimp from the western Pacific (Crustacea, Decapoda, Rhynchocinetidae). *Beagle, Records of the Museum of Arts Galleries of the Northern Territory*, 11: 29-37.
- Pennington, J.T., 1985. The ecology of fertilization of echinoid eggs: the consequences of sperm dilution, adult aggregation and synchronous spawning. *Biological Bulletin* (Woods Hole), 169:417-430.
- Pinnergar, J.K, N.V.C. Polunin, P. Francour, F. Badalamenti, R. Chemello, M.L. Harmelin-Vivien, B. Hereu, M. Milazo, M. Zabala, G. D'Anna y C. Pipitone. 2000. Trophic cascades in benthic marine ecosystems: lessons for fisheries and protected-area management. *Environmental Conservation*, 27:179-200.
- Randall, J.W., R.E. Schroeder y W.A. Strack. 1964. Notes on the biology of the echinoid *Diadema antillarum*. *Caribbean Journal of Science*, 4:421-433.
- Robertson, D.R., D.J. Green y B.C. Victor. 1988. Temporal coupling of reproduction and recruitment of larvae of a Caribbean reef fish. *Ecology*, 69:370-381.
- Shears, N.T. y R.C. Babcock. 2003. Continuing trophic cascades effects after 25 years on no-take marine

reserve protection. *Marine Ecology Progress Series*, 246:1-16.

Tuya, F., J.A. Martín y A. Luque. 2003. A novel technique for tagging the long-spined sea urchin *Diadema antillarum*. *Sarsia*, 88:365-368.

Tuya, F., J.A. Martín y A. Luque. 2004a. Patterns of nocturnal movement of the sea urchin *Diadema antillarum* (Philippi) in Gran Canaria (Canary Islands, central east Atlantic Ocean). *Helgoland Marine Research*, 58:26-31.

Tuya, F., A. Boyra y R.J. Haroun. 2004b. Blanquizales en Canarias: la explosión demográfica del erizo *Diadema antillarum* en los fondos rocosos de Canarias. Oceanográfica, Islas Canarias. Pp. 34.

Tuya, F., A. Boyra, P. Sánchez-Jerez, C. Barbera y R. Haroun. 2004c. 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*, 519:211-214.

Tuya, F., A. Boyra, P. Sánchez-Jerez y R.J. Haroun. 2005. Multivariate analysis of the benthic-demersal ichthyofauna along soft bottoms of the Eastern Atlantic: comparison between unvegetated substrates, seagrass meadows and sandy bottoms beneath sea-cage fish farms. *Marine Biology*, 147:1229-1237.

Tuya, F., J.C. Hernández y S. Clemente. 2006. Is there a link between the type of habitat and the patterns of abundance of holoturians in shallow rocky reefs?. *Hydrobiología*, 571:191-199.

Tuya, F., J. Cisneros-Aguirre, L. Ortega-Borges y R.J. Haroun. 2007. Bathymetric segregation of sea urchins on reefs of the Canarian

Archipiélago: Role of flow-induced forces. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73:481-488.

Victor, B.C., 1986. Larval settlement and juvenile mortality in a recruitment-limited coral reef population. *Ecological Monographs*, 56:145-160.

Witman, J.D., 1985. Refuges, Biological Disturbance, and Rocky Subtidal Community Structure in New England. *Ecological Monographs*, 55(4):421-445.

Wright, A.J., 2005. Lunar cycles and sperm whales (*Physeter macrocephalus*) strandings on the north atlantic coastlines of the British Isles and eastern Canada. *Marine Mammal Science*, 21:145-149.