

Capacidad de *Coscinasterias tenuispina* (Echinodermata: Asteroidea) para distinguir tonos en el espectro visible reiterando comportamientos aprendidos.

Antonio Vicens Vicens

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35413 Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias, España. E-mail: tonivisens@hotmail.com

RESUMEN

Se determina el comportamiento de *Coscinasterias tenuispina* ante sustratos de diferentes tonos del espectro visible. Tras un tiempo de aclimatación en un sustrato de color rojo, se observa la preferencia de la especie ante el tono añil, verde y naranja. En todos los casos las estrellas muestran preferencia por el sustrato rojo en el que fue habituada inicialmente.

Palabras clave: estrella de mar, fototaxia, espectro visible, *Coscinasterias tenuispina*.

ABSTRACT

The behaviour of *Coscinasterias tenuispina* on different colour substrates was studied. After an acclimatization time on a red surface, it was observed the preferences the sea star for indigo, green and orange substrates. In all the cases the sea stars show a preference for the red one which was the colour of habituation.

Key words: sea star, phototaxis, visual spectrum, *Coscinasterias tenuispina*.

INTRODUCCIÓN

Coscinasterias tenuispina es propia de fondos rocosos del infralitoral o charcos intermareales, encontrándose más activa durante la noche (Barnes y Ruppert, 1995). Cuenta con un número de brazos que oscila de 3 a 8, reproduciéndose sexual o asexualmente por escisión (Alves *et al.*, 2002; Ottesen y Lucas, 1982).

Los equinodermos no poseen cerebro y cuentan, sólo, con un sistema nervioso formado por un anillo circumoral y nervios radiales (Hickman *et al.*, 1998). Sus órganos sensoriales son quimiorreceptores, fotorreceptores, reorreceptores y mecanorreceptores (Ocaña-Martín *et al.*, 2000). Así, en la eriza de mar (*Diadema antillarum*), los estímulos producidos en cualquier parte del anillo nervioso se transmiten en todas direcciones, lentamente, originando una respuesta generalizada. Sin embargo, y a pesar de la aparente sencillez de su sistema nervioso, son capaces de orientarse, determinar la naturaleza del fondo y regresar a su refugio inicial (Carpenter, 1984; Martín-García y Luque, 2008).

Los órganos fotorreceptores en equinodermos se han descrito en asteroideos y en una holoturia (More y Cobb, 1985; Blevins y Johnsen, 2004). Éstos, llamados ocelos, son estructuras individuales que contienen una copa de pigmentos visuales unidos, presumiblemente, con fotorreceptores (Nordström *et al.*, 2003). Los fotorreceptores pueden ser rabadómicos y/o ciliares (Arendt *et al.*, 2004). En los primeros, son estructuras microviliares las que

constituyen la parte fotorreceptiva de la célula, mientras que en los segundos, esta estructura la forman uno o más cilios (Salvini-Plawen y Mayr, 1977).

La fotorrecepción que permiten estos órganos se divide en dos categorías: la visión difusa y la formadora de imágenes. Algunas especies de invertebrados se encuentran entre estas dos categorías. Así, si bien no forman imágenes detalladas, son capaces de distinguir algo más que los niveles de luz (Blevins y Johnsen, 2004). Por ello, aunque los fotorreceptores rabadómicos (típicos de invertebrados) no cuentan con conexiones neuronales con otras células, sí forman entidades sensoriales independientes (Nordström *et al.*, 2003). Lo que sugiere que estos fotorreceptores funcionan, mediante interneuronas, como una nueva modalidad sensorial no formadora de imágenes. Esta visión contribuye a la reflexión de la luz en la copa, al reloj circadiano o a la capacidad para distinguir tonos, aunque la función de esta nueva modalidad sensorial no ha sido lo suficientemente descrita (Gotow y Nishi, 2008).

En invertebrados solamente se ha demostrado la visión en color (habilidad para distinguir tonos con independencia de la intensidad de luz) en los crustáceos, posiblemente como reflejo del limitado número de experimentos en este área, más que de la limitada capacidad de los invertebrados marinos en general (Cronin, 1988).

Por todo ello, el objetivo del presente trabajo es determinar la

capacidad de *Coscinasterias tenuispina* para distinguir diferentes tonos en el espectro visible, así como evaluar su capacidad de aprendizaje.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diez ejemplares de estrella de brazos múltiples (*Coscinasterias tenuispina*) fueron capturadas en la zona intermareal de la playa de Las Canteras, al noreste de la isla de Gran Canaria (28° 8' 21. 29" N, 15° 26' 11. 98" O). Tras su captura se trasladaron inmediatamente, en distintos recipientes de plástico, al laboratorio.

Los ejemplares fueron aclimatados durante una semana en acuarios independientes de 15 x 30 x 15 cm. Partiendo de la preferencia de *Coscinasterias tenuispina* por los sustratos de grava (Lanáquera-Donet, 2007), se seleccionó grava de color rojo como sustrato de los acuarios de aclimatación. En este espacio de tiempo fueron alimentados con colas de camarón jinga (*Metapenaeus affinis*) cada dos días. Se tuvo especial cuidado en que el alimento fuera repartido en diferentes zonas del sustrato para lograr que el individuo asociara el color del mismo con la presencia de alimento.

Se preparó un acuario de 65 x 15 x 20 cm. con la mitad del fondo cubierto de sustrato de adaptación (grava de color rojo) y la otra mitad con sustrato de otro color (grava de color añil, verde o naranja, según el caso). El tanque fue llenado con agua de mar hasta los 3 cm. de profundidad, para evitar que los ejemplares pudieran quedar adheridos al cristal del acuario durante el experimento.

Tras el período de adaptación, los individuos fueron sometidos, uno a uno, a la misma secuencia de experimentación. Se introdujo cada ejemplar en el centro del acuario, de tal forma que entrara en contacto, por igual, con ambos tonos de color. A partir de ese momento se registró el primer color de grava que seleccionó el individuo durante los diez primeros minutos y la posición del mismo durante las tres horas siguientes, anotándose los datos cada diez minutos. Cuando el individuo se ubicaba en el centro en el momento de la anotación, se registró como "indeterminado".

De esa forma se obtuvo una matriz de treinta datos referente al comportamiento de cada uno de los ejemplares frente a las combinaciones rojo-añil, rojo-verde y rojo-naranja.

RESULTADOS

Los datos evaluados en su conjunto o separados por tonos no muestran diferencias significativas, mediante la prueba del Chi-cuadrado, en la preferencia por uno u otro color. No obstante, si el análisis se hace tendiendo en cuenta el intervalo de tiempo transcurrido desde el inicio de cada prueba, se aprecia que la preferencia por el sustrato rojo es significativa a diferentes tiempos, dependiendo del color del sustrato con el que se ha contrastado. Así, frente al añil, las diferencias son significativas a partir del minuto 60, mientras que frente al naranja y al verde son significativas a partir del minuto 70 y 30, respectivamente.

DISCUSIÓN

Se asume que la quimiorrecepción juega un papel importante en los procesos de búsqueda en invertebrados (Kidawa, 2005). Por ello, se resalta que para su orientación los equinodermos pueden utilizar pistas químicas transportadas por la corriente (Ocaña-Martín *et al.*, 2000), olores liberados por algas que crecen sobre las rocas (Maier y Müller, 1986), a la comunidad de invertebrados (Hart *et al.*, 1996) o antiguos rastros dejados por incursiones nocturnas (Tuya *et al.*, 2003). Sin embargo, a la vista de los resultados, la capacidad para regresar a un entorno igual a su refugio original en *Coscinasterias tenuispina*, no depende exclusivamente de los estímulos químicos, sino también de sus capacidades fotorreceptoras.

Los sistemas de visión difusos han recibido menos atención que los órganos especializados, ya que son considerados más primitivos, aptos solamente para detectar las variaciones de luz. Sin embargo, alguno de estos sistemas difusos muestra habilidades más sofisticadas (Blevis y Johnsen, 2004). Como consecuencia, todos los equinodermos con los que se ha experimentado hasta el momento presentan respuesta a la luz, gracias a la fotosensibilidad de los ocelos (si están presentes), a la cubierta esquelética y al sistema nervioso (Johnsen y Kier, 1999). Por ello, en estos animales, y más concretamente en asteroideos, la creencia en la existencia de unos fotorreceptores sólo hábiles para la fototaxia se está abandonando paulatinamente en beneficio de un nuevo paradigma, que explica la demostración de habilidades de

búsqueda de refugio, movimientos orientados y migraciones diarias (Thronton, 1956; Johnsen y Kier, 1999).

Así, los resultados obtenidos confirman la capacidad de la especie para distinguir colores. Este hecho no solo afianza las posiciones del nuevo paradigma de habilidades visuales en equinodermos, sino que saca a la luz la capacidad de aprendizaje de la especie. Según Carpenter (1984) la frecuencia de comportamiento de regreso al refugio original (homing), para el caso de la eriza de mar (*Diadema antillarum*), estaba positivamente correlacionada con la abundancia de predadores y negativamente correlacionada con la calidad de los refugios disponibles. Por ello, el sustrato de color rojo puede ser asociado con la ausencia de predadores y la presencia de alimento, que representarían las principales motivaciones para su instalación final en el mismo.

Por otro lado, el tiempo que transcurre hasta que la preferencia por el sustrato rojo es significativa frente a cada tono (30 minutos frente al verde, 60 minutos frente al añil y 70 minutos frente al naranja) podría indicar, de forma indirecta, que pueden existir similitudes con las habilidades visuales de los crustáceos. En éstos, como en vertebrados, las propiedades de la proteína fotorreceptora Rodopsina contribuyen, significativamente, a estas habilidades (Schertler, 2008). A partir del espectro de absorción para estados estables del pigmento visual del crustáceo *Squilla empusa* se aprecia que existe un pico de absorción a 510 nm (dentro de los valores de absorción del verde, 495-570 nm), mientras que el naranja

(longitud de onda de 590-620 nm) sería el tono más alejado de su capacidad de absorción, junto al añil (longitud de onda 430-450 nm), (Cronin, 1988). Así, siguiendo este espectro de absorción, el tiempo que tardan los individuos en seleccionar el sustrato rojo coincide con la mayor o menor facilidad de absorción de los diferentes colores. Se observa que los individuos son 30 minutos más veloces de media en seleccionar el rojo frente al verde que frente al añil y 40 minutos más veloces de media en seleccionar el rojo frente al verde que frente al naranja.

Dados estos resultados, y teniendo en cuenta la habilidad de la especie para diferenciar colores con tonos muy cercanos (naranja-rojo), se puede concluir que, efectivamente, la capacidad para discriminar tonos en *Coscinasterias tenuispina* es muy elevada, coincidiendo en algunos aspectos con la de los crustáceos. Además, dado que la visión en color de algunos crustáceos envuelve 16 tipos de pigmentos diferentes ocupando rangos de profundidad distintos, las propiedades espectrales de sus filtros varían con la profundidad, cambiando su percepción del color (Cronin, *et al.*, 2001). Por ello, es probable que la *Coscinasterias Tenuispina*, que se ubica a diferentes profundidades y habita ecosistemas variables en la luz, también muestre variaciones intraespecíficas en la función visual.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, a mi padrino y al resto de mi familia su apoyo moral y económico, así como a mis compañeros su ayuda en la

recolección de datos. Igualmente, agradezco a todos los docentes que me han prestado su apoyo.

BIBLIOGRAFÍA

Alves, S.L.S., A.D. Pereira y C.R.R. Ventura. 2001. Sexual and asexual reproduction of *Coscinasterias tenuispina* (Echinodermata: Asteroidea) from Rio de Janeiro, Brazil. *Mar. Biol.*, 140:95-101.

Arendt, D., K. Tessmar-Raible, H. Snyman, A.W. Dorresteijn y J. Wittbrodt. 2004. Ciliary photoreceptors with a vertebrate-type opsin in an Invertebrate brain. *Science*, 306:869-871.

Barnes, R.A. y E.E. Ruppert. 1995. *Zoología de los Invertebrados*. Interamericana Mc Graw-Hill. 6ª Ed.

Blevins, E. y S. Johnsen. 2004. Spatial Vision in the echinoid genus *Echinometra*. *J. Exp. Biol.*, 207:4249-4253.

Carpenter, R.C. 1984. Predator and population density control of homing behaviour in the Caribbean echinoid *Diadema antillarum*. *Mar. Biol.*, 82:101-108.

Cronin, T.W. 1988. Vision in Marine Invertebrates. En: *Sensory Biology of Aquatic Animals*. Pp. 403-418. (Atema, J., R.R. Fay, A.N. Popper y W.N. Tavolga, eds.). Springer-Verlag, New York.

Cronin, T.W., R.L. Caldwell y J. Marshall. 2001. Tunable color vision in a mantis shrimp. *Nature*, 411:547-548.

Gotow, T. y T. Nishi. 2008. Simple photoreceptors in some invertebrates: physiological

- properties of a new photosensory modality. *Brian Res.*, 1225:3-16.
- Hart, D.D., B.D. Clark y A. Jasentuliyana. 1996. Fine-scale field measurement of benthic flow environments inhabited by stream invertebrates. *Limn. Oceanog.*, 41:297-308.
- Hickman, J.R., L. Roberts y A. Larson. 1998. Principios Integrales de Zoología. 6ª Ed. Interamericana Mc Graw-Hill.
- Johnsen, S. y W.M. Kier. 1999. Shade-seeking behavior under polarized light by the brittlestar *Ophioderma brevispinum*. *J. Mar. Biol. UK.*, 79:761-763.
- Kidawa, A. 2005. Behavioural and metabolic responses of Antarctic sea star *Odontaster validus* to food stimuli of different concentration. *Polar Biol.*, 28:449-455.
- Lanáquera-Donet, L. 2007. Preferencia de sustrato y densidad de *Coscinasterias tenuispina* (Echinodermata: Asteroidea) en la zona mesolitoral de la Playa de Las Canteras. *An. Univ. Etol.*, 1:58-62.
- Maier, I. y D.G. Müller, 1986. Sexual pheromones in algae. *Biol. Bul.*, 170:145-175.
- Martín-García, J.A. y A. Luque-Escalona. 2008. Capacidad de Retorno de *Diadema Antillarum* (Echinodermata: Echinoidea). *An. Univ. Etol.*, 2:125-131.
- Moore, A. y J.L.S. Cobb. 1985. Neurophysiological studies on photic responses in *Ophiura ophiura*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 80:11-16.
- Nordström, K., R. Wallén, J. Seymour y D. Nilsson. 2003. A simple visual system without neurons in jellyfish larvae. *Proc. R. Soc. Lond.*, 270:2349-2354.
- Ocaña-Martín, A., L. Sánchez-Tocino, S. López-González y J.E. Viciano-Martín. 2000. Guía Submarina de Invertebrados no artrópodos. 2ª Ed. Pp. 512. Editorial Comares.
- Ottessen, P.O. y J.S. Lucas. 1982. Divide or broadcast: interrelation of asexual and sexual reproduction in a population of the fissiparous herpaphroditic seastar *Nepanthia belcheri* (Asteroidea: Asterinidae). *Mar. Biol.*, 69:223-233.
- Salvini-Plawen, L.V. y E. Mayr. 1977. Visual Systems. En: Evolutionary Biology. Pp. 207-263, (Hecht, M.K, W.C. Steere, B. Wallace, eds.) Plenum, New York.
- Schertler, G.F.X. 2008. The rhodopsin story continued. *Nature*, 453:292-293
- Thronton, W.B. 1956. Diurnal migrations of the echinoid *Diadema setosum* (Leske). *Br. J. Anim. Behav.*, 4:143-146.
- 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