



Sobrepoblación de erizos de mar en bahía Culebra: síntoma de mal estado de conservación

Juan J. Alvarado

Biólogo marino especialista en ecología de arrecifes coralinos y de equinodermos. Investigador de la Escuela de Biología y del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (Cimar) de la Universidad de Costa Rica.

Los erizos de mar son miembros del filo Echinodermata (del griego *piel con espinas*; junto con estrellas y pepinos de mar, entre otros) e integrantes muy importantes de la trama alimenticia marina, alcanzando una alta biomasa y diversidad en una gran variedad de ecosistemas, sobre todo en los arrecifes coralinos. Entender su ecología permite en gran medida entender la estructura y el funcionamiento de ese ambiente (Birkeland, 1989). Se ha documentado que poseen una acción positiva en esos ecosistemas, debido a que, por ser herbívoros muy eficientes, facilitan el reclutamiento coralino, disminuyen la presencia de macroalgas competidoras y permiten que los arrecifes posean una mayor complejidad estructural, puesto que son organismos bioerosionadores eficientes (Glynn et al., 1979; Sammarco, 1980).

Sin embargo, cambios físicos en el arrecife pueden modificar la abundancia y dominancia de las especies de este grupo, y ello a su vez puede tener efectos relevantes sobre la estructura arrecifal (Birkelan, 1989). Estos cambios físicos pueden provocar aumentos o disminuciones extremas de las poblaciones, con efectos diferenciales en los arrecifes.



Volver al índice

Por ejemplo, en el Caribe, previamente a 1983, las densidades del erizo de mar *Diadema antillarum* eran altas, por arriba de 10 ind/m², lo cual ayudó a que los arrecifes estuvieran dominados por corales debido a la acción de pastoreo de los erizos sobre las algas (Sammarco, 1980). De acuerdo a algunos investigadores, estas altas densidades poblacionales fueron la consecuencia de la continua remoción de peces carnívoros por obra de la sobrepesca, lo que produjo que los erizos aumentaran a falta de un depredador que controlara sus poblaciones. En ciertas localidades, las densidades fueron tan altas (> 50 ind/m²) que el impacto bioerosionador fue muy intenso, y esto produjo un debilitamiento y una pérdida de la estructura arrecifal (Hay, 1984; Roberts 2009). La actividad bioerosiva es producto de la acción alimenticia de los erizos, ya que estos al raspar las algas del sustrato con su estructura bucal raspan las rocas sobre las cuales crecen las algas, y esta continua actividad provoca un debilitamiento del basamento coralino, que se intensifica ante altas densidades. Otro ejemplo es el de la especie *Diadema mexicanum* en el Pacífico de América, donde altas poblaciones (40-80 ind/m²) en Panamá provocaron una intensa bioerosión, destruyendo notablemente los arrecifes coralinos (Eakin, 2001). Como producto de la eliminación de sus depredadores por un mal manejo de las pesquerías, el pastoreo intensivo por altas densidades de erizos está provocando serios daños ambientales en varios ecosistemas alrededor del mundo (California,

Japón, islas Canarias, Galápagos), produciendo la formación de “blanquizales” (Hernández et al., 2008), que son zonas del mar convertidas en “desiertos”, o donde los suelos se han hecho improductivos por efecto de la actividad alimenticia de los erizos, zonas desprovistas de cualquier tipo de cobertura vegetal o/y animal.

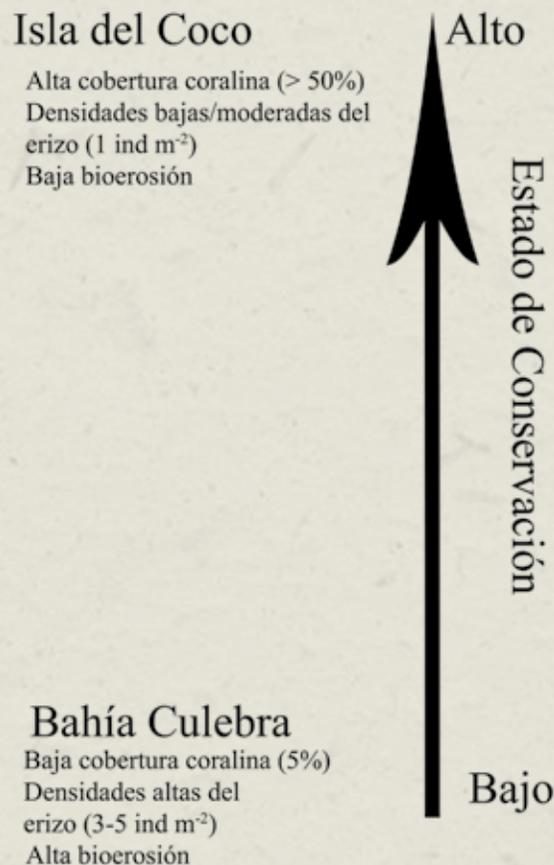
En el Caribe, en 1983 se dio una mortandad masiva (~98%) del erizo de mar *Diadema antillarum*, lo que provocó un cambio de fase en los arrecifes. Estos pasaron de ser dominados por corales a ser dominados por algas, las cuales aumentaron sus poblaciones debido a la falta de remoción por la actividad de pastoreo del erizo, lo que, sumado a sus altas tasas de crecimiento, provocó serios problemas ambientales en tales arrecifes (Bellwood et al., 2004). Estos efectos, tanto positivos como negativos, provocados por las densidades poblacionales del erizo de mar *Diadema*, han hecho que esos organismos sean considerados especies claves en los ecosistemas marinos y sean motivo de múltiples estudios y estrategias de manejo.

Dentro de un proyecto regional a lo largo del Pacífico Tropical Oriental, que buscaba determinar el estado de salud de los arrecifes coralinos y el efecto de la presencia del erizo de mar *Diadema mexicanum*, se logró cuantificar que bahía Culebra, en Guanacaste, es una de las zonas arrecifales en la actualidad en la región con mayor deterioro. Durante la investigación se realizó una metodología estandarizada que permitiera ver la cobertura de coral, la tasa de crecimiento del arrecife

o bioacreción arrecifal (que es la tasa de deposición de carbonato de calcio a través del tiempo), la densidad y tallas del erizo y su tasa de bioerosión (remoción de carbonato de calcio a través del tiempo). Se visitaron 12 localidades arrecifales, desde el golfo de California en México hasta el golfo de Panamá en Panamá, incluyendo arrecifes en El Salvador, Costa Rica e isla del Coco. En localidades que podrían considerarse con un adecuado estado de salud o de conservación, la cobertura de coral vivo estuvo entre 50 y 90% (isla del Coco y algunas localidades de México), con densidades del erizo bajas ($\sim 1 \text{ ind/m}^2$), teniendo un impacto bioerosivo pequeño y tasas de acreción altas. Bahía Culebra fue la única localidad que presentó una baja cobertura arrecifal (5%) y altas densidades del erizo ($3-5 \text{ ind/m}^2$), con altas tasas de bioerosión y muy bajas de crecimiento arrecifal. Esto ubica a bahía Culebra en un bajo valor de conservación (figura 1).

Sin embargo, lo que llamó más la atención de esta investigación fue el hecho que este erizo era poco abundante hasta hace poco en la bahía (figura 2A; Jiménez, 2001). Desde inicios de los años 1990, esta zona del país ha sido estudiada intensamente por investigadores del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (Cimar) de la Universidad de Costa Rica (Sánchez-Noguera, 2012), quienes describieron los arrecifes de bahía Culebra como unos de los mejores ecosistemas de este tipo en el país con cobertura de coral vivo en promedio de 40% (figura 2A), pero pudiendo alcanzar inclusive hasta 90% (Jiménez, 2001). Las

Figura 1. Estado de conservación de los arrecifes de isla del Coco y bahía Culebra de acuerdo a cobertura de coral vivo, densidad del erizo de mar *Diadema mexicanum* y tasas de bioerosión.



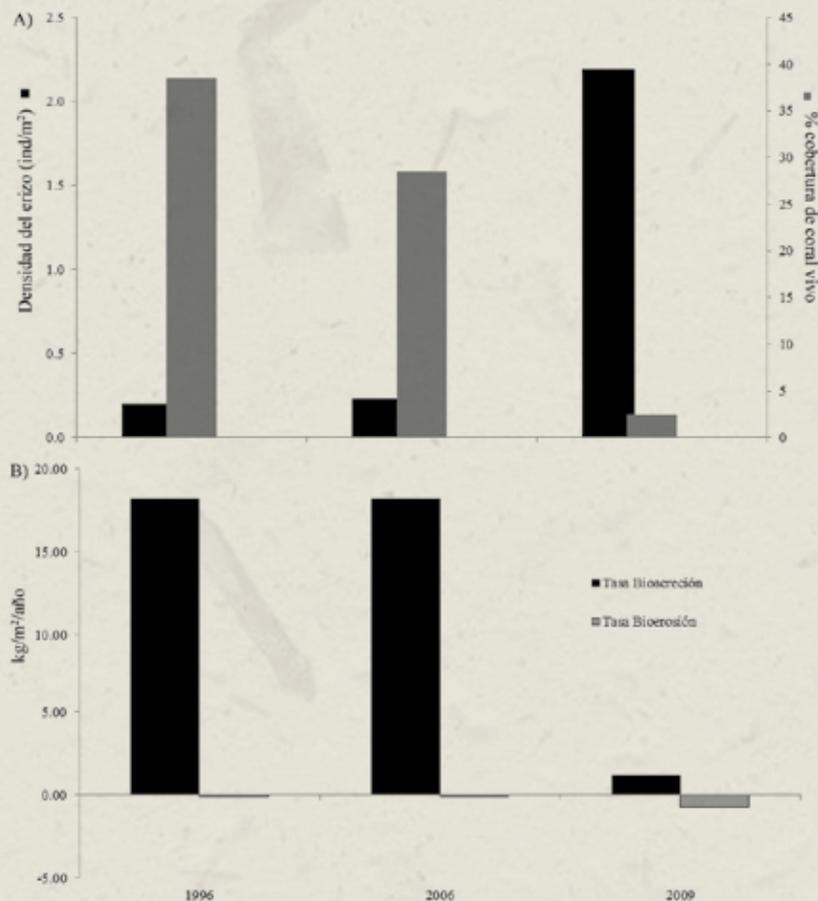
densidades de este erizo eran bajas (menos de $0,5 \text{ ind/m}^2$) (Jiménez, 2001), lo que se traducía en un impacto de bioerosión insignificante para el crecimiento arrecifal o bioacreción (figura 2B). Esta condición se mantuvo hasta el año 2006, cuando todavía los arrecifes de la zona contaban con buenas condiciones de salud.

Sin embargo, desde inicios del nuevo milenio, bahía Culebra se ha convertido en uno de los polos de desarrollo turístico

más intensos del país (Sánchez-Noguera, 2012), lo que ha traído ciertas consecuencias nocivas para la calidad de las aguas de la bahía. Este desarrollo levantó muchos suelos para la construcción de hoteles y casas con vista al mar, provocándose una mayor escorrentía del suelo y una menor retención de los sedimentos hacia el mar. Esto, a su vez, produjo que muchos materiales, residuos o compuestos que antes eran retenidos por la cobertura boscosa fueran a dar directamente al mar. A su vez, la presencia de campos de golf y la necesidad de tenerlos bien cuidados provocó que muchos de los fertilizantes fueran lavados e introducidos en el mar.

Estos fertilizantes, no nocivos para los organismos, han sido utilizados por macro y micro algas marinas para su crecimiento, ocasionando esto su proliferación (Fernández-García et al., 2012). Además, por ubicarse bahía Culebra en una región naturalmente enriquecida por nutrientes -producto del afloramiento costero que se da entre diciembre y abril-, sus aguas

Figura 2. (A) Densidad del erizo de mar (ind/m^2) *Diadema mexicanum* (barras negras) y porcentaje de cobertura de coral vivo (barras grises). (B) Tasas ($\text{kg}/\text{m}^2/\text{año}$) de bioerosión por parte del erizo de mar (barras grises) y de bioacreción coralina (barras negras), en bahía Culebra, en 1996, 2006 y 2009.



son muy productivas y, entonces, facilitadoras del crecimiento de las algas. Este aporte constante de nutrientes al agua, sea de manera natural en época seca o por el afloramiento en época de lluvias por escorrentía de los suelos, ha hecho que la zona siempre esté enriquecida por nutrientes para el crecimiento de algas, lo que se evidencia en la proliferación



Cambio en la composición del sustrato en el arrecife de Playa Blanca, Bahía Culebra entre el 2005 y el 2009

desmesurada del alga invasiva *Caulerpa sertularioides*, que crece sobre los corales, asfixiándolos y provocando una pérdida notable en la biodiversidad marina (Fernández-García et al., 2012). También se evidencia en la continua aparición de eventos de mareas rojas que, de pasar a ser eventos aislados, se convirtieron en recurrentes. La presencia de esas mareas no solo afecta las pesquerías con sus toxinas, sino también provoca que penetre menos luz al fondo marino, lo que, además de ser perjudicial para los corales formadores de arrecifes, implica un decrecimiento de la disponibilidad de oxígeno en el fondo, lo que ha producido disminución y muerte en los arrecifes de la zona (Jiménez, 2007).

La muerte coralina y la abundancia de nutrientes en el agua han hecho que las algas

proliferen en los arrecifes, sobrecreciendo a los corales y provocando un tipo de cambio de fase en la composición de estos ecosistemas. Los erizos de mar, al ser organismos herbívoros que se alimentan de algas, han aprovechado esta mayor disponibilidad de recursos, derivando esto en un incremento notable de sus poblaciones en los

últimos años y, principalmente, causando un impacto en la estructura arrecifal al producir una mayor bioerosión. Lo que, sumado a la poca producción del arrecife por la muerte de corales, hace de estos ecosistemas algo similar a ruinas. Pero el aumento de las poblaciones de los erizos no solo es el resultado, como se ha indicado, de una mayor disponibilidad de alimento, sino también de la falta de depredadores.



Cambio en la composición del sustrato en el arrecife de Playa Blanca, Bahía Culebra entre el 2005 y el 2009

Bahía Culebra ha sido una zona pesquera por casi un siglo (Sánchez-Noguera, 2012), pero la intensidad de esa actividad se ha incrementado en los últimos 15 años por una mayor demanda del mercado local (i.e. hoteles) y del regional, con el resultado de que lo que antes era común: bajas densidades del erizo, sea ahora extraño, debido a que ya no hay o quedan muy pocos depredadores de ellos, a causa de la falta de un controlador natural de sus poblaciones.

O sea, el deterioro que están sufriendo los arrecifes coralinos de bahía Culebra no es el resultado de la presencia de los erizos de mar y de su actividad bioerosiva. La presencia de ellos es tan solo una manifestación muy clara de que el ambiente marino en esta zona ha sido alterado por la suma de diferentes prácticas de desarrollo costero (pesca y desarrollo inmobiliario turístico) poco planificadas o sin que se haya considerado las consecuencias que la sinergia de ellas tienen en el ecosistema y, particularmente, en la respuesta de ciertos organismos a condiciones muy específicas.

El atractivo turístico y el potencial pesquero de esta zona del país estará en riesgo en los próximos años si no se toma medidas a tiempo para revertir la calidad del agua que favorece un arrecife saludable. La solución no está en eliminar los erizos de mar por completo del arrecife, ya que ellos juegan un papel muy importante en la dinámica arrecifal bajo un nivel poblacional adecuado. La solución está en coordinar las actividades extractivas, recreativas y de desarrollo

inmobiliario de manera que sean acordes con el entorno a fin de tener un ambiente saludable. Bahía Culebra requiere un manejo ecosistémico que ayude a balancear la salud de los arrecifes, y su recuperación, con un beneficio tangible para las poblaciones humanas que dependen del turismo y la pesca. Es importante determinar el estado poblacional de los depredadores del erizo para evitar una pesquería sobre ellos, facilitando así la recuperación de sus poblaciones y su labor como controladores naturales de los erizos. También es necesario proteger e incrementar la cobertura boscosa en las montañas alrededor de la bahía para impedir una mayor escorrentía de nutrientes al mar, y es necesario controlar, en época lluviosa, el uso de fertilizantes que puedan incrementar el enriquecimiento del mar por nutrientes. Estas son prácticas que los sectores turístico, pesquero, conservacionista y académico pueden emprender para que bahía Culebra vuelva a ser ese paraíso de arrecifes coralinos digno de visitar y disfrutar.

Referencias bibliográficas

- Bellwood, D. R., Hughes T. P., Folke, C. y Nyström, M. (2004). Confronting the coral reef crisis. *Nature* 429, pp. 827-833.
- Birkeland, C. (1989). The influence of echinoderms on coral-reef communities Pp. 1-79. En Jangoux, M. y Lawrence, J. M. (Eds.). *Echinoderm Studies* 3. A. A. Balkema: Rotterdam.
- Eakin, C. M. (2001). A tale of two ENSO events: carbonate budgets and the influence of two warming disturbances and intervening variability, Uva Island, Panama. *Bull. Mar. Sci.* 69, pp. 171-186.

- Fernández-García, C., Cortés, J., Alvarado, J. J. y Nivia-Ruiz, J. (2012). Physical factors contributing to the benthic dominance of the alga *Caulerpa sertularioides* (Caulerpaceae, Chlorophyta) in the upwelling Bahía Culebra, north Pacific of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 60 (Suppl. 2), pp. 93-107.
- Glynn P. W., Wellington G. M., y Birkeland, C. (1979). Coral reef growth in the Galápagos: limitation by sea urchins. *Science* 203, pp. 47-49.
- Hay, M.E. (1984). Patterns of fish and urchin grazing on Caribbean coral reefs: are previous results typical? *Ecology* 65, pp. 446-454.
- Hernández, J. C., Clemente, S., Sangil, C. y Brito, A. (2008). Actual status of the sea urchin *Diadema* aff. *antillarum* populations and macroalgal cover in marine protected areas compared to a highly fished area (Canary Islands – eastern Atlantic ocean). *Aquat. Conser. Mar. Fresh. Ecosyst.* 18, pp. 1091-1108.
- Jiménez, C. (2001). Arrecifes y ambientes coralinos de bahía Culebra, Pacífico de Costa Rica: aspectos biológicos, económico-recreativos y de manejo. *Rev. Biol. Trop.* 49 (Supl. 2), pp. 215-231.
- Jiménez, C. (2007). Arrecifes coralinos ¿víctimas de los cambios? *Ambientico* 171, pp. 5-7.
- Roberts, C. (2009). *The Unnatural History of the Sea. Shearwater* : Londres. 456 p.
- Sammarco, P. W. (1980). *Diadema* and its relationship to coral spat mortality: grazing, competition and biological disturbance. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 45, pp. 245-472.
- Sánchez-Noguera, C. (2012). Entre historias y culebras: más que una bahía (bahía Culebra, Guanacaste, Costa Rica). *Rev. Biol. Trop.* 60 (Supl. 2), pp. 1-17.