

SABERE Y CIENCIAS



© **La Jornada**
de Oriente

julio 2016 · número 53 año 5 · Suplemento mensual

El mar

Editorial

Nochixtlán: sangrienta represión

Desde junio del año pasado no hay diálogo entre los docentes agrupados en la Coordinadora Nacional de Trabajadores de la Educación (CNTE) y el Ejecutivo federal. A fines del pasado mes de agosto Aurelio Nuño asumió la titularidad de la Secretaría de Educación Pública y, hasta el momento no ha desplegado ninguna iniciativa para establecer una mesa de diálogo con los docentes inconformes por la aplicación de la Reforma Educativa, al contrario, los ha satanizado, invisibilizado y amagado con despedirlos. En por lo menos la mitad de las entidades del país hay manifiesta inconformidad por la reforma educativa que trastoca derechos laborales de los mentores y atenta contra la gratuidad de la enseñanza; en Oaxaca no se ha regularizado la docencia del nivel de enseñanza básica y hay protestas generalizadas de padres de familia en apoyo a los docentes de la CNTE, sección 22, como fue el caso de Asunción Nochixtlán, donde policías estatales y federales arremetieron contra los manifestantes oaxaqueños y mataron a nueve, hirieron a más de un centenar y detuvieron a 27 ciudadanos (ya liberados).

Después de la masacre de Nochixtlán, la Secretaría de Gobernación dialogó con la CNTE y la comisión de mediación propuesta por los mentores. Los profesores nombraron una comisión de 32 integrantes y exigieron como premisas para establecer un diálogo el cese de la represión, libertad de los presos políticos y la defensa de la gratuidad de la enseñanza. Intelectuales, académicos y dirigentes sociales se pronunciaron, antes de la masacre del 19 de junio, por una salida negociada; propusieron la suspensión temporal de las medidas derivadas de la reforma educativa y la regularización de las actividades docentes en aquellas secciones donde había paros. El cese a la represión contra el magisterio disidente, la libertad de los presos políticos y la anulación de las órdenes de aprehensión en contra de los mentores han sido exigencias reiteradas, tanto por la CNTE como por distintas organizaciones civiles, académicas, sociales y políticas, a las que Aurelio Nuño se ha negado a considerar. Hay problemas para aplicar la Reforma Educativa y hay una demanda central de los afectados: el derecho de audiencia, a presentar propuestas que eleven la calidad de la enseñanza y garanticen estabilidad y movilidad laboral; es necesario abrir una mesa de diálogo, donde necesariamente se consideren, además de los contenidos educativos y de las formas de enseñanza, derechos laborales, bilateralidad en la contratación y democracia sindical.

Las entidades donde mayor resistencia ha generado la reforma educativa son aquellas donde la indignación, la exclusión y la pobreza son más lacerantes: localidades rurales, de fuerte presencia étnica y alta marginación.

Fe de erratas: Quiero informarle de un error con mi artículo publicado en el suplemento sobre Biología dentro de su ejemplar No. 51 de *Saberes y Ciencias*, de mayo de 2016.

Específicamente, mi artículo debe decir: "El Sistema Nervioso de los animales está conformado por una red sumamente extensa e intrincada de neuronas, alcanzando la cifra de 10^{13} neuronas!". Es decir, debe indicar una cifra de 10 billones de neuronas, pero en la publicación dice "...alcanzando la cifra de ¡mil 13 neuronas! Más aún..." lo cual es claramente incorrecto. Mucho le agradeceré que se haga la corrección, aunque sea tardía (pues veo que ya salió publicado el No. 52), de dicho error.

En caso de cualquier duda o aclaración, quedo a sus órdenes.
M. en C. Montserrat Vázquez Balbuena

• Nuestra portada: Peces en los arrecifes alrededor de la Isla Cozumel, un paraíso del buceo deportivo que, al igual que el resto de los ecosistemas marinos, es necesario preservar y administrar de manera sustentable.

Foto: Manuel López Mariscal

Tus comentarios son importantes para nosotros, escríbenos a:

info@saberesyciencias.com.mx



Escuchar las propuestas que desde sus cosmovisiones e identidades tengan que decir los mentores enriquecerá la reforma educativa, además que la legítima. No es aceptable que a una petición de audiencia de los docentes de la CNTE se le responda con una balacera multicolor, y a los ciudadanos de agrupaciones empresariales inconformes con el artículo 33 de la Ley Federal de Responsabilidades de Servidores Públicos (presentación de declaración patrimonial, fiscal y de intereses) no solo se les otorgó audiencia presidencial, sino se les concedió la suspensión de la promulgación de la Ley del Sistema Anticorrupción. El diálogo es necesario para construir consensos, como también lo es la congruencia entre lo dicho y el hecho; no se puede pedir a contratistas del gobierno ciertas normas (declaración 3 de 3) que los funcionarios públicos se niegan a practicar. ❧

3 Presentación

El mar

ANDREA GLOCKNER-FAGETTI

4

Olas gigantes en el océano

GERARDO FERNÁNDEZ

Bosques submarinos en México

MARÍA PAULA SGARLATA

5

El papel de los foraminíferos en un derrame de petróleo

AIDÉ EGREMY VALDEZ

6

Los erizos de mar y su importancia ecológica en arrecifes

GEORGINA RAMÍREZ-ORTIZ, ADRIANA GONZÁLEZ-AZCÁRRAGA Y HÉCTOR REYES-BONILLA

SABERE CIENCIAS es un suplemento mensual auspiciado por *La Jornada de Oriente*

DIRECTORA GENERAL
Carmen Lira Saade

DIRECTOR
Aurelio Fernández Fuentes

CONSEJO EDITORIAL
Leopoldo Altamirano Robles
Jaime Cid Monjaraz
Alberto Cordero

Sergio Cortés Sánchez
José Espinosa

Julio Glockner

Raúl Mújica

COORDINACIÓN EDITORIAL
Sergio Cortés Sánchez

REVISIÓN
Aldo Bonanni

EDICIÓN
Denise S. Lucero Mosqueda

DISEÑO ORIGINAL Y FORMACIÓN
Elba Leticia Rojas Ruiz

Dirección postal:
Manuel Lobato 2109, Col. Bella Vista.

Puebla, Puebla. CP 72530

Tels: (222) 243 48 21

237 85 49 F: 2 37 83 00

www.lajornadadeoriente.com.mx
www.saberesyciencias.com.mx

AÑO V · No. 53 · julio 2016

Las opiniones expresadas en las colaboraciones son responsabilidad del autor y de ninguna manera comprometen a las instituciones en que laboran.

Contenido

7

La acidificación del océano y su efecto en los corales

CECILIA MOZQUEDA TORRES

8

El Sistema Arrecifal Veracruzano, un ecosistema resistente

PENÉLOPE BERUMEN-SOLÓRZANO

9

La participación comunitaria en la protección de refugios pesqueros en Quintana Roo

ELENA NALESSO

Áreas Marinas Protegidas y el éxito de Cabo Pulmo

RUBÉN RODRÍGUEZ-HINOJAL

10 y 11

El Golfo de California

MANUEL LÓPEZ MARISCAL

12

La pesca, ¿una actividad con futuro?

ANTONIO GÓMEZ-GÓMEZ

13

La ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*): un gigante del Golfo de California

FERNANDA URRUTIA OSORIO

14 *Homo sum*

Puebla: entidad de servicios educativos

SERGIO CORTÉS SÁNCHEZ

15 *Tekhne Iatriké*

La isla de basura en el Pacífico

JOSÉ GABRIEL ÁVILA-RIVERA

16 INAOE 45 años

El día que Tonantzintla cerró el Universo: segunda parte

OMAR LÓPEZ-CRUZ

17 Tras las huellas de la naturaleza

Una mirada al mar

TANIA SALDAÑA RIVERMAR Y CONSTANTINO VILLAR SALAZAR
ILUSTRACIÓN: DIEGO TOMASINI / DIBUJO

El pelícano onírico

Aguas primigenias

JULIO GLOCKNER

18 Efemérides

Calendario astronómico julio 2016

JOSÉ RAMÓN VALDÉS

Reseña (incompleta) de libros

Siete breves lecciones de física

ALBERTO CORDERO

19 A ocho minutos luz

El Gran Telescopio Milimétrico explora el sistema planetario del Señor Spock

MIGUEL CHÁVEZ DAGOSTINO Y EMANUELE BERTONE

20 Agenda

Épsilon

JAIME CID MONJARAZ

Andrea Glockner-Fagetti

El mar

Aunque la relación del mar con los humanos ha sido muy estrecha, nuestro conocimiento sobre él no siempre ha sido muy profundo. Durante mucho tiempo fue únicamente superficial: terminaba donde empezaba la línea de costa. Pero se fue ampliando conforme se mejoraron las técnicas de navegación y equipos, como los submarinos (no para la guerra, sino ¡exclusivos para la investigación!). Hoy en día, al mar se le estudia desde una amplia gama de temas, que van desde la física y química del agua, hasta la descripción detallada de la antena izquierda del copépodo que habita en las aguas del Pacífico (¡uf!). Por lo tanto, este número tiene como objetivo acercar a los lectores algunos temas que son objeto de investigación en el área de las ciencias marinas.

A la tierra la tenemos (casi) perfectamente estudiada. Pero, ¿y el mar? Se estima que solo hemos explorado 5 por ciento de los océanos. Así que, ¿cuánto sabemos sobre ellos? Seguramente nos vienen a la mente datos curiosos como que los océanos cubren 71 por ciento de la Tierra, o que 97 por ciento del agua que existe en el planeta es agua salada marina. Pero esos porcentajes realmente no nos dan una idea de la inmensidad de los océanos y de los seres vivos y paisajes que albergan. De hecho, antes se pensaba que los mares abiertos eran grandes desiertos, donde no había recursos que sustentaran la vida, como ocurre cerca de las costas. Sin embargo, actualmente se cree que de los 8.7 millones de especies que podrían existir en la Tierra (tan sólo se han descrito entre 1.5 y 2 millones), 2.2 millones son especies marinas (Mora y otros, 2011).

Y es que la vida en los océanos está limitada principalmente por la penetración de luz, que solo alcanza los 240 m de profundidad. Por lo tanto, todos los organismos fotosintéticos (que la utilizan como fuente de energía), y el resto de las especies que dependen de ellos (consumidores primarios ¡como los copépodos!, consumidores secundarios, etcétera), están limitados a desarrollarse en ese intervalo. Por eso también se pensaba que las profundidades estaban deshabitadas, que no había ser vivo capaz de habitar en plena oscuridad y, sobre todo, a tan altas presiones. La presión en el agua aumenta una atmósfera (el peso del aire a nivel del mar) cada 10 m de profundidad. Es decir, si intentáramos llegar al punto más hondo del océano, tendríamos más de mil atmósferas de presión sobre nuestras cabezas.

Pero el humano se maravilló con los resultados de las primeras expediciones al mar profundo, pues no esperábamos encontrar tantas formas de vida adaptadas a esas condiciones extremas. Y no fue fácil llegar, pero como sucedió casi al mismo tiempo que la llegada del hombre a la luna, no tuvo la apabullante atención del público. La primera expedición a la Fosa de las Marianas fue liderada por Jacques Piccard y Don Walsh. 60 años después, en 2012, vuelve James Cameron para superar el récord, alcanzando los 11 mil 34 m de profundidad, a bordo del submarino Deepsea Challenger. Tardó tan sólo siete horas en tocar fondo. ¿Acaso dijimos 11 mil 34 m? ¿Qué tan profundo es eso? Sólo para que nos demos una idea, el monte Everest se queda corto, con sus 8 mil 848 m de altura sobre el nivel del mar.



• Foto: Anuar Patjane

Además de albergar paisajes y un número extraordinario de especies, los océanos son los encargados de controlar procesos en la Tierra que ni siquiera nos habíamos puesto a pensar.

En pocas palabras, la Tierra no sería un planeta habitable si no existieran los océanos. Estos controlan el clima global, pues el agua es un gran conservador del calor. Gran parte de la energía que irradia el Sol sobre la Tierra es absorbida por los océanos y, mientras que los continentes pierden el calor fácilmente (durante la noche), el agua lo mantiene y distribuye alrededor del mundo. El agua en el Ecuador se calienta y desplaza al agua fría de los Polos, por eso se generan las principales corrientes en los océanos y es así como se distribuye el calor en la Tierra. De no ser por el agua, los Polos serían demasiado fríos y las regiones del Ecuador demasiado calientes y, por lo tanto, inhabitables (al menos por los humanos).

También se pensaba que los bosques eran los principales pulmones de la Tierra, porque absorben dióxido de carbono de la atmósfera y devuelven oxígeno, mediante la fotosíntesis. Pero hoy se sabe que son los océanos los que producen hasta el 90 por ciento del oxígeno que respiramos... bueno, en realidad no son los océanos, sino el fitoplancton que habita en ellos. Estos pequeños seres unicelulares realizan la fotosíntesis y pueden alcanzar grandes biomásas, por lo que no sólo son los principales productores de oxígeno sino el origen de la red alimenticia. El fitoplancton secuestra el carbono

disuelto en el medio y lo convierte en unidades de energía para construir sus estructuras biológicas. Su tiempo de vida es muy corto (si es que no son devorados antes), y cuando mueren, todas esas estructuras biológicas van a parar al fondo del mar. Por esta razón, los océanos también son los mayores reservorios de carbono de la Tierra.

Por otra parte, los océanos son considerados los principales sumideros de carbono. Las aguas oceánicas intercambian gases con la atmósfera, absorbiendo principalmente dióxido de carbono. Este proceso natural se ha visto desbalanceado por el aumento del CO₂ de origen antropogénico, debido a la quema de combustibles. Se estima que, por lo menos la mitad del CO₂ que ha producido el hombre desde la era industrial, hace 200 años, ha sido absorbida por los océanos (Raven y otros, 2005). Al parecer la química del agua está cambiando, pues el CO₂ disuelto en el agua de mar incrementa la concentración de iones hidrógeno (H⁺), lo cual causa un valor de pH más bajo, es decir, ácido. Y aquí nos adentramos en un tema oscuro, donde la opinión es dividida. Si bien es cierto que la disminución del pH es del orden de 0.1 unidades, y que las notas amarillistas quieren alarmar con la “acidificación del océano”, también es cierto que estos cambios están ocurriendo a un ritmo sin precedentes y todas las proyecciones a futuro son pesimistas. Los océanos tienen la capacidad de balancear estas reacciones químicas y contrarrestar los cambios, pero es innegable que el humano está contribuyendo a acelerar estos procesos y no sabemos de qué manera responderá la naturaleza.

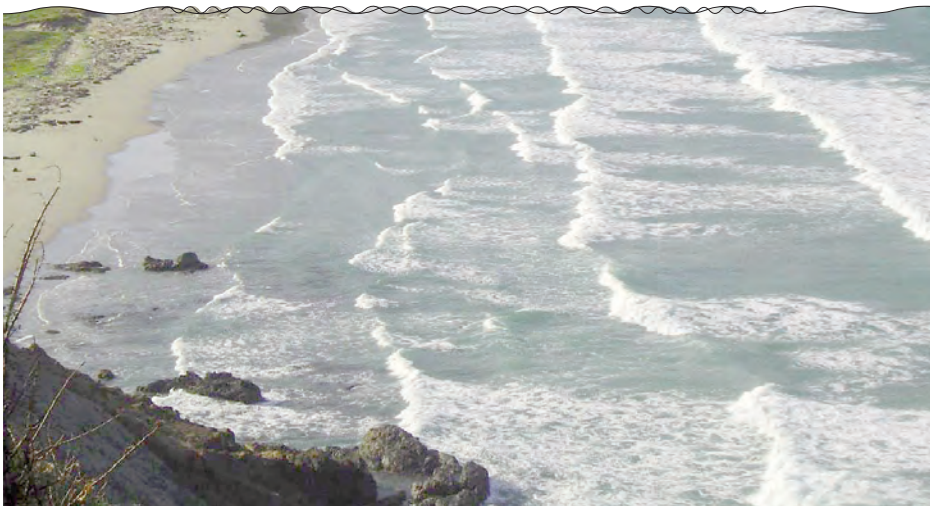
Los océanos, mares y costas proveen al ser humano servicios equivalentes a 23 trillones de dólares por año (valor un poco por debajo del PIB mundial). Representan el principal transporte para el comercio internacional, generan empleos relacionados con las pesquerías y el turismo, son fuente de recursos minerales y energéticos, además de alimenticios, albergan una gran biodiversidad y participan en los procesos biogeoquímicos del planeta. Aunque el mar no forme parte de nuestra vida cotidiana (a excepción de todos aquellos afortunados que viven en las costas), más que cuando hay pescado para la comida o nos vamos de vacaciones a la playa, hay que considerarnos parte de su sistema. Los mares hacen mucho más por nosotros de lo que nos imaginábamos, ¡la vida misma se originó en ellos! Así que la próxima vez que lo veamos, pensemos en todos los procesos que ocurren ahí dentro y en todos los seres vivos que ahí se desarrollan, y tratemos de hacer lo que esté a nuestro alcance para protegerlos. ☺

andglockner@yahoo.com.mx ✉

Referencias

- Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A.G.B., Worm, B. (2011). How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? PLoS Biol 9(8): e1001127.
- Raven, J., Caldeira, K., Elderfield, H., Hoegh-Guldberg, O., Liss, P., Riebesell, U. & Watson, A. (2005). Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. The Royal Society.

Gerardo Fernández



Olas gigantes en el océano

Imaginar que cerca de costa se forman diariamente olas más altas que la torre Latinoamericana de la Ciudad de México puede resultar aterrador. Y es que el azote de olas gigantes provenientes del océano (tsunamis) ha causado catástrofes a lo largo de la historia de la humanidad. Sin embargo, para fortuna de nosotros estas olas no son iguales a las que comúnmente observamos en la playa. Estas olas son submarinas y viajan a varios metros de profundidad, ocultas a la simple vista del observador. Y curiosamente son de vital importancia para la salud de los océanos.

Para entender mejor cómo viajan estas olas submarinas (u olas internas), debemos saber que el océano está dividido en varias capas de aguas que son de diferente densidad. Los científicos han observado que estas olas viajan a través de la frontera entre estas aguas de diferentes características. Algo similar a lo que nosotros podemos observar si tenemos en un recipiente aderezo para ensaladas. Si lo dejamos reposar suficiente podemos ver que se separan el vinagre y el aceite. Si movemos de un lado a otro el recipiente, podemos ver cómo se generan ondas entre estas dos. ¡Estamos observando olas internas! Si movemos con mayor fuerza, estas olas pueden llegar a mezclar el vinagre con el aceite, haciendo que el aderezo esté bien mezclado. De igual manera, en el océano, estas olas internas tienen el potencial de mezclar las aguas de los mares costeros y mover enormes cantidades de calor y nutrientes, proveyendo de alimento a una gran cantidad de organismos, desde el plancton hasta ballenas, desde los bosques de sargazo (algas gigantes) hasta los arrecifes de coral, generando un impacto directo en el ambiente, desde las pesquerías hasta el clima global.

Estas olas submarinas las podemos encontrar en casi todas las zonas costeras del planeta y varían en tamaño. Pero el lugar que se lleva el récord por tener las olas internas más grandes es el Mar del Sur de China. Aquí las olas internas son impulsadas por la fuerza de la marea y se han registrado olas que llegan casi a los 200 metros de altura. Los científicos han estudiado en los últimos años el efecto que tienen en el clima. Se piensa que estas olas, en conjunto con otras en varios sitios importantes alrededor del mundo, tienen la capacidad de influir en la circulación de nuestros océanos, afectando directamente en el clima de nuestro planeta (Alford y otros, 2015).

En México, en las dos últimas décadas, ha habido un creciente esfuerzo para entender el efecto que tienen estas olas gigantes en nuestros mares y costas. Hoy por hoy, sabemos que son de suma importancia en el transporte de nutrientes y comida para una infinidad de organismos que viven o dependen de la zona costera (Ladah y otros, 2012). También se ha descubierto que ayudan a pequeños organismos que no pueden nadar por sí solos (larvas de caracoles, estrellas de mar, cangrejos) a viajar a través del océano hacia las costas (Ladah y otros, 2005).

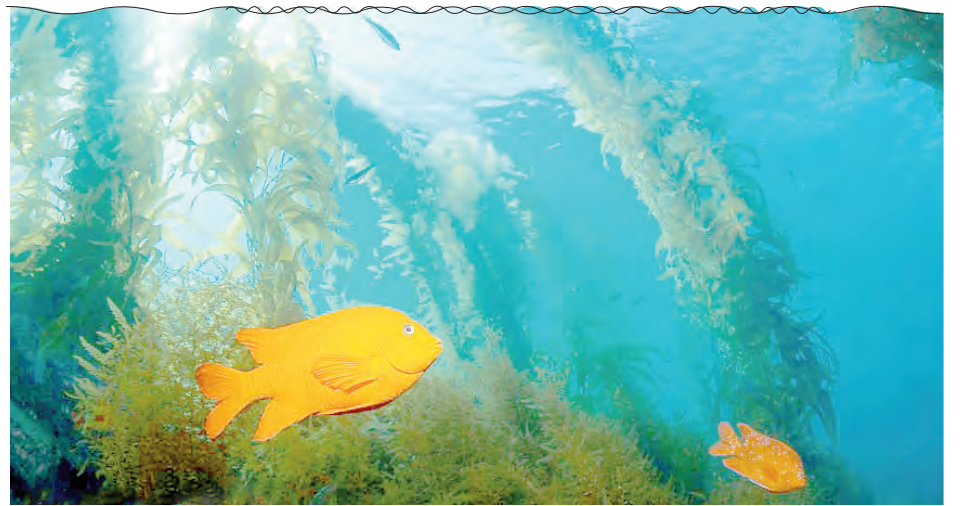
En muchas partes del mundo se ha estudiado la importancia que tienen estas olas gigantes, y es que son el claro ejemplo de que nos falta mucho por conocer de nuestro planeta y que en nuestros océanos podemos encontrar las grandes respuestas. ✉

jerry_fdez@hotmail.com ✉

Referencias

- Alford, M.H., Peacock, T., MacKinnon, J.A., et al. (2015). The formation and fate of internal waves in the South China Sea. *Nature*. 521:65-69.
- Ladah, L.B., Tapia, F.J., Pineda, J. & López, M. (2005). Spatially heterogeneous, synchronous settlement of *Chthamalus* spp. Larvae in northern Baja California. *Marine Ecology Progress Series*. 302:177-185.
- Ladah, L.B., Filonov, A., Lavin, M., Leichter, J.J., Zertuche-González, J.A. & Pérez-Mayorga, D.M. (2012). Cross-shelf transport of sub-thermocline nitrate by the internal tide and rapid (3-6 h) incorporation by an inshore macroalga. *Continental Shelf Research*. 42:10-19.

María Paula Sgarlatta



Bosques submarinos en México

Si pensamos en lugares marinos, paradisíacos y que se encuentren en México, seguramente se nos viene a la cabeza los arrecifes de coral, con agua caliente y peces de colores. Sin embargo, existen sitios igual de hermosos pero con características diferentes: los bosques de kelp, ecosistemas submarinos formados por algas que crecen desde el fondo del mar y llegan a la superficie, pudiendo tener hasta 30 m de altura. Están formados por diferentes especies de algas, siendo dominante el sargazo gigante (*Macrocystis pyrifera*) y crecen formando grandes y densos bosques de la misma forma que los que existen en la tierra. Estos bosques dominan las costas rocosas de las zonas de aguas frías y de poca profundidad del mundo y particularmente en México se encuentran en la costa del Pacífico, distribuyéndose desde la frontera con Estados Unidos hasta la región central de Baja California (Ladah y otros, 1999).

Estos bosques submarinos son el hábitat de diferentes especies, brindándoles refugio y comida, ya que presenta una estructura tridimensional al crecer desde el fondo rocoso hasta la superficie del mar. De esta forma, son el sustrato para animales inmóviles como algunos invertebrados, hábitat para animales móviles como los peces e incluso alimento para varias de estas especies (Steneck y otros, 2002). Sumado a esto, existen otras especies de algas asociadas a estos bosques que aprovechan las condiciones para poder vivir, al igual que hay mamíferos como lobos marinos y ballenas que visitan estos sitios para alimentarse. Como se puede ver, presentan una gran cantidad de especies por lo que casi podríamos compararlos con otros ecosistemas marinos como los arrecifes de coral.

¿Y por qué los bosques de kelp no se encuentran en zonas de México donde el agua esté más caliente? Esto sucede porque estas especies de algas no toleran aguas cálidas: su límite superior se encuentra aproximadamente en los 20 °C y esto se debe a que las aguas más tibias no contienen la cantidad suficiente de nutrientes que necesitan para crecer (Dayton, 1985). Cuando el agua del mar se calienta por diferentes razones como eventos de El Niño o porque llega el verano, los bosques pueden llegar a ser destruidos. De igual manera, tormentas fuertes y gran oleaje pueden afectarlos al punto de destruirlos.

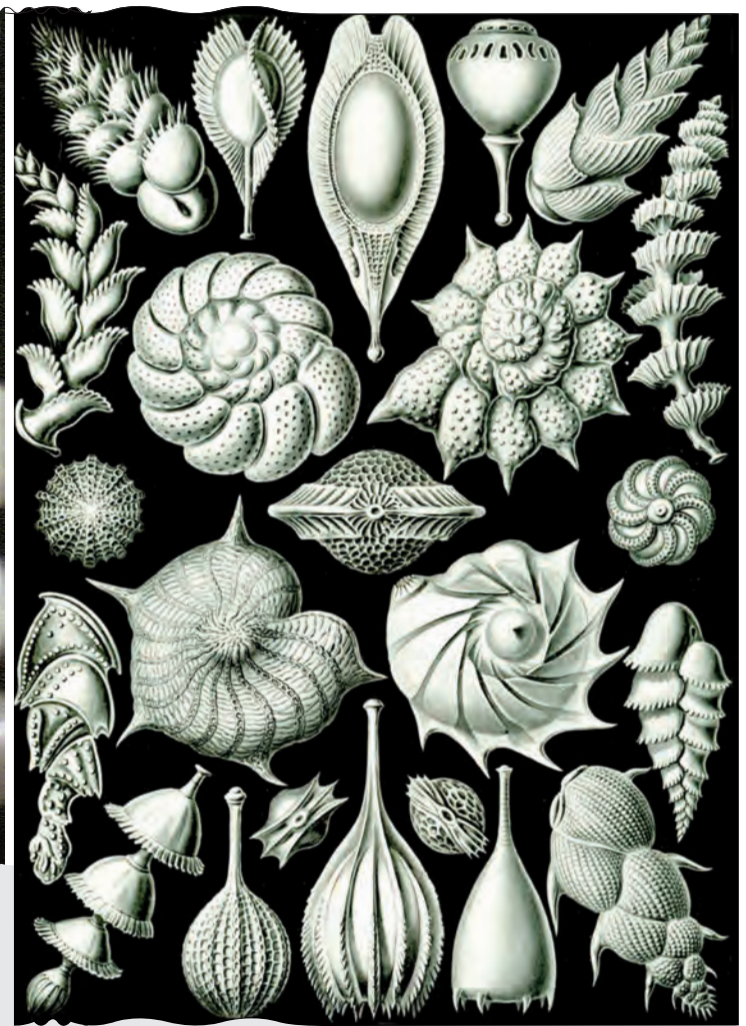
Además de ser muy importante en el ciclo de vida de muchas especies, los bosques de kelp también lo son para los humanos y su economía. Gracias a la gran variedad de especies de importancia comercial que albergan estos bosques, es posible la existencia de actividades tales como las pesquerías. Actualmente en los bosques de kelp de Baja California es muy raro ver tiburones, lo cual puede deberse a la gran presión pesquera que existe sobre estos ecosistemas (Pauly y otros, 1998). El buceo, pesca submarina y kayak son otras de las actividades que se desarrollan en estos sitios. ✉

paula.sgarlatta@gmail.com ✉

Referencias

- Dayton, P. (1985). Ecology of kelp communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16(1985), 215-245.
- Ladah, L.B., Zertuche-González, J.A. & Hernández-Carmona, G. (1999). Giant kelp (*Macrocystis pyrifera*, *Phaeophyceae*) recruitment near its southern limit in Baja California after mass disappearance during ENSO 1997-1998. *Journal of Phycology*, 35, 1109-1112.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard J., Froese, R. & Torres F. Jr. (1998) Fishing down marine food web. *Science*, 279 (5352), 860-863.
- Steneck, R.S., Graham, M.H., Bourque, B.J., Corbett, D., Erlandson, J.M., Estes, J.A. & Tegner, M.J. (2002). Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental Conservation*, 29(04), 436-459.

Aideé Egremy Valdez



• Ilustración de foraminíferos por Ernst Haeckel. Ambas imágenes tomadas de <http://blog.riosecreto.com/tag/ciencia/>

El papel de los foraminíferos en un derrame de petróleo

El medio marino sin duda alberga seres vivos muy interesantes. ¿Quién no se asombra al ver las formas extrañas de los equinodermos, como las estrellas de mar y los erizos, o de los cnidarios, como las medusas y los coloridos y complejos corales? También conocemos, o hemos escuchado hablar, de los grandes mamíferos marinos, como la ballena azul, el organismo más grande del mundo. Sin embargo, poco sabemos de aquellos casi invisibles al ojo humano, que habitan en el fondo del mar, entre los granos de arena: los foraminíferos. Son organismos unicelulares, muy pequeños y abundantes, y tan interesantes como todos los anteriores.

De este último grupo seguramente hemos escuchado poco. Los que se dedican a estudiar a los foraminíferos, pensarán que no se les ha otorgado el crédito que merecen, pues estos pequeños organismos unicelulares suelen utilizarse como indicadores de diversas variables. Por ejemplo, en la acidificación del océano, escenarios de almacenamiento de CO₂ a grandes profundidades, investigaciones micropaleontológicas, y presencia de metales pesados e hidrocarburos. Son una herramienta útil para reflejar muchos de los factores ambientales en donde ellos habitan (Phleger, 1960).

La liberación de hidrocarburos desde reservorios en el suelo marino produce ambientes únicos en el fondo. Por lo tanto, las comunidades de foraminíferos bénticos (los que viven en los sedimentos), se utilizan para conocer la estructura de las comunidades cercanas a estas emanaciones. En este contexto, las investigaciones se basan principalmente en abundancia, diversidad, dominancia y variaciones de isótopos estables que se registran en la testa o concha biomineralizada de los foraminíferos bénticos. Hasta el momento no se conocen especies endémicas de sitios de emanaciones de hidrocarburos, sin embargo la abundancia de algunas especies en áreas con o sin emanaciones es notablemente diferente (Panieri, 2005).

En un escenario a macroescala, como un derrame de petróleo, conocer la abundancia de los foraminíferos bénticos antes y después del evento nos permite aproximarnos al daño a las comunidades meiobénticas (organismos que viven entre los granos de arena), de las cuales los foraminíferos forman el 95 por ciento (Chandler, 1989). En México, uno de los derrames de petróleo relativamente más recientes y de gran importancia por su magnitud, ocurrió en el año 2010. Con el hundimiento y explosión de la plataforma petrolífera DeepWater Horizon (DWH), se derramaron aproximadamente 4.9 millones de barriles al Golfo de México. En su momento se tomaron diversas muestras para analizar las consecuencias en el ecosistema marino. En lo que a foraminíferos bénticos respecta, se tomaron muestras de sedimento del fondo marino (Schwing y otros, 2015).

Las muestras de sedimento se obtienen mediante un equipo oceanográfico llamado "multinucleador". Desde la superficie del barco se baja el aparato sobre el sitio de interés y, al aterrizar en el fondo marino, el peso de la estructura fuerza la caída y penetración de varios cilindros o nucleadores de policarbonato en los sedimentos, un mecanismo disparador libera las tapas de los núcleos por la base (Herguera y otros, 2011). Una vez en laboratorio las muestras de sedimento se tiñen con rosa de bengala (pinta a los foraminíferos que estuvieron vivos al momento de la colecta) y se realiza el conteo en el microscopio óptico.

Recientemente han sido publicados resultados sobre la abundancia de foraminíferos bénticos después del evento ocasionado por el DWH (Schwing y otros, 2015). Estos señalan una disminución en el número de foraminíferos bénticos de 2010 a 2011, principalmente en la interface agua-sedimento. Probablemente el contacto directo con microgotas e hidrocarburos disueltos que surgieron desde el subsuelo, perforado anteriormente por el DWH, pudieron haber ocasionado una disminución en la población. Cabe destacar que este resultado no es absoluto, pues hay muchos factores que pueden afectar la abundancia de este grupo. Son necesarios más estudios sobre la biocenosis (población viva) en el área de derrame, para generar escenarios completos que sustenten lo que podría suceder en el suelo marino.

Finalmente, la próxima vez que vayamos a la playa y no tengamos oportunidad de ver delfines, ballenas, equinodermos u otros organismos llamativos, recordemos que basta tomar un puño de arena del mar para encontrar seres vivos sorprendentes, con formas variadas e increíbles, no todo lo bonito viene en paquetes grandes, agucemos la vista. ☺

egremy.va@gmail.com ✉

Referencias

- Chandler, G.T. (1989). Foraminifera may structure meiobenthic communities. *Oecologia*, 81(3), 354–360.
- Herguera, J.C., Herzka, S., Ferreira-Bartrina, V., Flores, C., Siqueiros A. & Pedraza, A. (2011). Reporte de la Campaña XIXIMI-2. 2-16 Julio 2011; Golfo de México, *BO/ Justo Sierra*, 69 pp.
- Panieri, G. (2005). Benthic foraminifera associated with a hydrocarbon seep in the Rockall Trough (NE Atlantic). *Geobios*, 38(2), 247–255.
- Phleger, F.B. (1960). *Ecology and Distribution of Recent Foraminifera*. Johns Hopkins Press, Baltimore, 297 pp.
- Schwing, P.T., Romero, I.C., Brooks, G.R., Hastings, D.W., Larson, R.A., & Hollander, D.J. (2015). A decline in benthic foraminifera following the Deepwater Horizon event in the northeastern Gulf of Mexico. *PLoS one*, 10(3), e0120565.

Georgina Ramírez-Ortiz, Adriana González-Azcárraga y Héctor Reyes-Bonilla



◀ *Diadema mexicanum*, imagen tomada de <http://static.inaturalist.org/photos/2863875/original.jpg?1452392674> • *Diadema antillarum*. Campaña de control del erizo Diadema, Montaña Amarilla, Tenerife. Por Philippe Guillaume, en www.flickr.com ▶ *Astropyga pulvinata*. Oaxaca, México. Por Axel Vasquez, en [flickr.com](http://www.flickr.com)

LOS ERIZOS DE MAR y su importancia ecológica en arrecifes

Los equinodermos son un grupo de invertebrados que se distribuyen en todos los océanos y alcanzan abundancias considerables en varios ecosistemas. Este grupo abarca organismos tan variados como las estrellas de mar, ofiuros, crinoideos y erizos, que actúan como depredadores, ramoneadores, detritívoros y micrófagos, por lo que representan un papel clave en los ecosistemas marinos.

Particularmente los erizos de mar son uno de los grupos más conspicuos en zonas tropicales y subtropicales. Se han registrado entre 800 y 900 especies vivientes y un gran número de registros fósiles en diversos hábitat, que van desde colonias coralinas, sustratos rocosos y arenales, tanto someros como profundos. Su papel ecológico como herbívoros ha sido ampliamente documentado en zonas como el Mar Caribe, debido a que un evento de mortandad masiva del erizo de púas largas *Diadema antillarum* en la década de los 80's, redujo su densidad de 25 a 0.03 individuos/m² en algunas zonas (Lessios, 1988). Esto, aunado a la sobrepesca de peces herbívoros, dio como resultado un aumento considerable en la cobertura de macroalgas, las cuales, al tener un crecimiento rápido y competir tanto por luz como por espacio, afectaron de manera importante el reclutamiento, reproducción y supervivencia de los corales.

Asimismo, en algunas otras regiones se han reportado explosiones demográficas de erizos de los géneros *Diadema* y *Eucidaris*, las cuales se asocian con la sobrepesca de peces carnívoros y la alta disponibilidad de recursos alimenticios (Birkeland, 1989). Al aumentar la densidad de erizos, el alimento escasea y comienzan a comportarse como omnívoros, removiendo cualquier cobertura animal o vegetal del fondo. Aunado a ello, los erizos de mar erosionan el sustrato duro a través del ramoneo con su aparato masticador y mediante la acción de sus espinas. Este proceso, conocido como bioerosión, es fundamental para mantener el balance de los carbonatos en el arrecife. Sin embargo, en casos de explosiones demográficas, llegan a remover tanto carbonato que exceden la producción anual, dificultando el crecimiento coralino (Eakin 1996).

Las altas densidades de erizos han traído como consecuencia la degradación de algunos arrecifes y su conversión a otros ecosistemas conocidos como "suelos yermos", "blanquiales" o "barrens" que se caracterizan por la ausencia de flora y fauna como resultado del excesivo ramoneo.

Uno de los fenómenos de explosión demográfica de erizos más sobresaliente fue el reportado para Panamá, en donde la población del erizo negro *Diadema mexicanum* aumentó de 3 a 80 individuos/m² durante "El Niño" de 1982-1983. Esto trajo como consecuencia una elevada tasa de bioerosión que dañó severamente los arrecifes de la región (Glynn, 1988).

Por todo lo anterior, es necesario resaltar que la cantidad de erizos de mar encontrada en un arrecife puede convertirse en un indicador de estabilidad o perturbación, ya que si su abundancia se mantiene en niveles óptimos, ayudan a mantener el equilibrio entre corales y macroalgas.

Debido a su importancia ecológica en los arrecifes, los erizos de mar en México comenzaron a estudiarse desde hace más de 100 años. Gran parte de las investigaciones han abarcando temas como la taxonomía y la distribución geográfica de las especies. Por su parte, los análisis de comunidades de erizos en zonas arrecifales primeramente se enfocaron en localidades particulares, para dar paso posteriormente a análisis regionales y comparaciones entre el Golfo de California (González-Azcárraga, 2006) y el Pacífico mexicano (Ramírez-Ortiz, 2010).

El análisis en conjunto de 27 localidades a lo largo de esta región demostró que en arrecifes rocosos y coralinos se presentan nueve especies de erizos de mar pertenecientes a cinco familias y cinco órdenes, siendo el erizo *Arbacia stellata* el predominante para el Alto Golfo, el erizo café *Tripneustes depressus* para el Bajo Golfo y el erizo negro *Diadema mexicanum* en el Pacífico tropical mexicano. El Bajo Golfo presentó la mayor riqueza, abundancia y diversidad de erizos, lo que se atribuye a su gran productividad y variabilidad térmica, que le permite albergar un mayor número de especies.

Asimismo, se observó que las densidades de especies que han presentado explosiones demográficas en otras zonas del Pacífico Oriental, como lo son el erizo negro *D. mexicanum* y punta de lápiz *Eucidaris thoursii*, se mantuvieron por debajo de los 13.1 individuos/m², lo cual puede ser considerado como una abundancia moderada.

En contra parte, a pesar de que la densidad de erizos fue baja en algunas zonas arrecifales (en islas del Alto Golfo se reportaron densidades de 0.01 individuos/m²), en todas las localidades visitadas fue posible observar su presencia. Este hecho, aunado a que hasta el momento no se han reportado mortandades masivas similares a las ocurridas en el Mar Caribe, nos lleva a afirmar que los erizos de mar en el Golfo de California y Pacífico mexicano, se encuentran en densidades adecuadas para ayudar a mantener un equilibrio entre el coral y el crecimiento de algas en las zonas arrecifales.

Por todo lo anterior y debido a la importancia que representan estos organismos para la supervivencia y conservación de corales en los arrecifes mexicanos, es de suma importancia continuar con los estudios de sus poblaciones, ya que éstas pueden presentar fluctuaciones en sus abundancias y cambios en las especies dominantes. Así, el monitoreo de las comunidades de erizos y otras especies clave a nivel regional, establecerá una referencia clara del estado actual de nuestros arrecifes y nos dará una idea de la respuesta que podrían presentar ante posibles disturbios futuros. ☞

georgykkop@hotmail.com ✉

Referencias

- Birkeland, C. (1989). The influence of echinoderms on coral-reef communities, p. 1-79. In: M. Jangoux & J.M. Lawrence (eds.). Echinoderm studies. A. A. Balkema, Róterdam, Holanda.
- Eakin, C.M. (1996). Where have all the carbonates gone? A model comparison of calcium carbonate budgets before and after the 1982-1983 El Niño at Uva Island in the eastern Pacific. *Coral Reefs*, 15(2), 109-119.
- Glynn, P.W. (1988). El Niño warming, coral mortality and reef framework destruction by echinoid bioerosion in the eastern Pacific. *Galaxea*, 7: 129-160.
- González-Azcárraga, A. (2006). Estructura de las asociaciones de erizos de mar (Echinoidea: Regularia) en arrecifes rocosos del oeste del Golfo de California, México. Tesis de B.S., Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México.
- Lessios, H.A. (1988). Mass mortality of *Diadema antillarum* in the Caribbean: what have we learned?. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 371-393.
- Ramírez-Ortiz, G. (2010). Estructura comunitaria comparativa de los erizos de mar (Echinoidea: Regularia) en arrecifes del Pacífico mexicano. Tesis de B.S., Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México.

Cecilia Mozqueda Torres

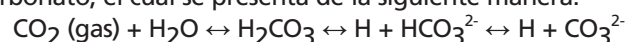


La acidificación del océano y su efecto en los corales

Alrededor de 500 millones de personas en más de 100 países dependen de los arrecifes de coral. Se estima que entre 172 y 375 billones de dólares por año en bienes y servicios provienen de estos ecosistemas (Veron y otros, 2009). Los arrecifes coralinos se encuentran entre los ecosistemas más productivos y con mayor riqueza biológica del planeta (el equivalente de los bosques). Su papel ecológico es vital, ya que participan en los ciclos biogeoquímicos globales, generando gran parte del oxígeno que respiramos y proveen zonas de crianza para una gran cantidad de peces e invertebrados. Dan protección a la línea de costa del oleaje contra daños causados por tormentas, huracanes o erosión. Además, proporcionan arena, dando origen a las playas más atractivas, son fuente de materiales para joyería, construcción y ornato, y de ellos se obtienen productos químicos y farmacéuticos.

Los corales, así como otras especies de moluscos (almejas y mejillones entre otras), necesitan carbonato de calcio para crecer, ese material lo obtienen del agua de mar y a ese proceso se le conoce como calcificación. La calcificación se ve afectada de manera negativa cuando el proceso de acidificación comienza, pero ¿Por qué y cómo les afecta?

Para comprender el efecto que genera la acidificación del océano en los corales, es necesario saber que los océanos son considerados los principales sumideros de carbono ya que absorben ≈ 70 por ciento del CO_2 atmosférico, del cual ≈ 30 por ciento es generado por el hombre y que los arrecifes coralinos realizan procesos relacionados con el carbono como la fotosíntesis (liberan oxígeno igual que los árboles) y la calcificación. Estos procesos se encuentran químicamente balanceados y cambian el equilibrio químico del sistema oceánico del CO_2 en direcciones opuestas. La fotosíntesis reduce el CO_2 mientras que la producción de carbonato de calcio aumenta el CO_2 . Asimismo, el CO_2 atmosférico es importante en la química del agua de mar, ya que mantiene en equilibrio el pH y el sistema del carbonato, el cual se presenta de la siguiente manera:



La acidificación del océano es un proceso que se genera en el momento en el cual esta ecuación pierde el equilibrio, es decir en el momento en el que hay mayor incorporación de CO_2 atmosférico al océano. Esto es ocasionado en gran parte por un incremento en las emanaciones por quema de combustible fósil. El resultado de este desbalance es la disminución del pH en el agua de mar.

Los corales, junto con otras especies calcificadoras, son vulnerables a estos cambios en el pH del océano, debido a la disminución en la saturación de Ω aragonita. Ese omega se refiere a la disponibilidad de carbonato para calcificar (lo necesario para crecer y tener esqueletos resistentes). Cuando se presentan valores de omega por arriba de 1, significa que hay material disponible, si es menor a 1 comienza la disolución del carbonato. Para que los corales puedan crecer necesitan mínimo un $\Omega=3$, esto varía de acuerdo a la especie y la zona de estudio. En concreto, la acidificación genera una disminución en la saturación del omega aragonita que a su vez provoca una baja en la calcificación. Esto aumenta la vulnerabilidad de los ecosistemas coralinos ante eventos climáticos, y afecta también a las especies asociadas, incluso las de importancia comercial, ya que resulta en cambios negativos en la biodiversidad, interacciones tróficas (alimentación), y otros procesos del ecosistema (Fabry y otros, 2008).

Las concentraciones atmosféricas de CO_2 y la temperatura en la Tierra han sido cambiantes en el pasado, y los organismos mostraron una adaptación a estos procesos. Sin embargo, dichos cambios en la actualidad están ocurriendo a un ritmo acelerado, aproximadamente 100 veces más rápido de lo que ha ocurrido por lo menos en 650 mil años. En este caso, la cuestión es si al haberse registrado concentraciones de CO_2 superior a las 402 partes por millón para todo el mundo (<https://www.co2.earth/>) y por consecuencia, una disminución en la saturación de aragonita, los arrecifes de coral se adaptan o no a estos cambios (Doney y otros, 2009).

Se cree que en el Pacífico Tropical Oriental (PTO) existe cierta adaptación de los corales a un pH bajo, ya que se han calculado valores de $\Omega \leq 3$ en sitios que presentan hasta 40 por ciento de cobertura coralina (Mozqueda Torres, 2011). Tales condiciones prevalecen desde los años 70. El PTO no ha presentado valores de Ω aragonita altos ni en el pasado ni actualmente, debido a que, por naturaleza, su pH es menor que en el resto de los océanos (Manzanello, 2010). Sin embargo, se estima que para el año 2050 en el Pacífico Mexicano, el Ω de aragonita habrá disminuido entre 13 por ciento y 22 por ciento con respecto a los valores actuales, por las alteraciones en la química del mar (Reyes-Bonilla y otros, 2011). Esto puede traer como consecuencia esqueletos de corales muy delgados y no aptos para mantener la estructura arrecifal y los bienes y servicios ambientales que proveen. Aunado a esto, se encuentran el incremento en la vulnerabilidad de los corales ante el daño antropogénico (turismo) y los embates naturales (huracanes). Por lo tanto, la resiliencia y la resistencia de los corales se verá disminuida.

Si bien es difícil detener por completo la acidificación del océano, es posible desacelerar el proceso con la reducción de las emisiones de CO_2 . Algunos países han propuesto que se pague un impuesto sobre las emisiones de carbono como medidas de mitigación para frenar el cambio climático. Aunque es un buen inicio, no es cuestión de pagar por emitir, es aprender a utilizar energías renovables y reducir las emanaciones de CO_2 . Como ciudadanos podemos aportar (o mejor dicho des aportar CO_2) si nos transportamos más seguido en la bicicleta o simplemente caminar y reducir el uso del automóvil. Nuestros mares y los de todo el mundo dependen de ello.✉

cecilia.mozqueda@gmail.com ✉

Referencias

- Doney, S.C., Fabry, V.J., Feely, R.A., & Kleyvas, J.A. (2009). Ocean Acidification: The Other CO_2 Problem. *Annual Review of Marine Science* 1(1), 169-192.
- Fabry, V.J., Seibel, B.A., Feely, R.A. & Orr, J.C. (2008). Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 65(3), 414-432.
- Manzello, D.P. (2010). Coral growth with thermal stress and ocean acidification: lessons from the eastern tropical Pacific. *Coral Reefs* 29(3), 749-758.
- Mozqueda-Torres, M.C., 2011. Acidificación del Pacífico Tropical Oriental: Situación Actual y pronóstico para el desarrollo de los arrecifes coralinos. Tesis de licenciatura en Biología Marina. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz.
- Reyes-Bonilla, H., Mozqueda-Torres, M.C., Calderón-Aguilera, L.E., & Díaz-Erales, G. (2011). La acidificación del océano y los arrecifes del Pacífico mexicano. *Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México*. Año 3, No. 73.
- Veron, J., Hoegh-Guldberg, O., Lenton, T., Lough, J., Obura, D., Pearce-Kelly, P. & Sheppard, C. (2009). The coral reef crisis: The critical importance of a < 350ppm CO_2 . *Marine Pollution Bulletin* 58(10), 1428-1436.

Penélope Berumen-Solórzano

El Sistema Arrecifal Veracruzano, un ecosistema resistente

Los arrecifes de coral son ecosistemas marinos complejos, productivos y con mucha biodiversidad, formados por la acumulación de los restos de varias generaciones de corales pétreos o duros (con esqueleto de carbonato de calcio). Son considerados ecosistemas delicados, ya que requieren condiciones ambientales muy particulares para sobrevivir. Habitan aguas someras, cálidas y transparentes de regiones tropicales; su presencia está determinada por la temperatura, salinidad, penetración de luz, tipo y profundidad del sustrato, intensidad del oleaje, corrientes marinas y disponibilidad de nutrientes (Kleypas y otros, 1999).

Ecológicamente, los arrecifes coralinos constituyen áreas de alimentación, refugio, reproducción y crecimiento para diferentes especies. Además, protegen las costas de daños ocasionados por tormentas y erosión, y participan en la formación de arena para las playas. Debido a estas características y a la gran cantidad de beneficios que los arrecifes coralinos brindan, comunidades humanas se han asentado en sus cercanías, para las cuales además son importantes como fuente de recursos alimenticios, productos medicinales, artículos comerciales, materiales para construcción, o atracciones turísticas y de recreación. Asimismo, representan un recurso de valor cultural y de gran belleza natural.

A pesar de su importancia, estos ecosistemas se han deteriorado debido a diversos factores crónicos como contaminación y sobre explotación (pesca excesiva, extracción y daño de corales); además son afectados indirectamente por el calentamiento global y el aumento de las concentraciones de dióxido de carbono disuelto en los océanos.

Una de las principales problemáticas que enfrentan estos bellos ecosistemas es la falta de políticas adecuadas para su manejo, lo cual contribuye a la degradación de los mismos. Un ejemplo claro de esta situación ocurre en las costas de Veracruz, México, frente a los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado, donde se encuentra el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), el cual se considera un ejemplo raro o único, debido a su alta resistencia (grado en que un sistema tolera estrés, perturbaciones o variaciones en su estructura interna o en el ambiente externo, sin mal funcionar (Jen, 2001).

El SAV está conformado por 28 formaciones arrecifales y está delimitado al norte por el río La Antigua, al sur por el Papaloapan, y el río Jamapa lo divide de manera natural en dos grupos, el del norte (frente a la ciudad de Veracruz) y el del sur (frente al pueblo pesquero Antón Lizardo). En el grupo del norte se encuentran los arrecifes Ingeniero, Sacrificios, Mersey, Pájaros, Verde, Bajo Paducah, Anegada de Adentro, Blanquilla, Galleguilla, Gallega, Punta Gorda, Punta Brava y Hornos; y en el grupo del sur existen Anegada de Afuera, Topatillo, Santiaguillo, Anegadilla, Cabezo, De Enmedio, Rizo, Periférico, Chopas, Sargazo, Punta Coyol, La Palma, Polo, Blanca y Giotte. Estos arrecifes son el hogar de una gran diversidad de especies marinas, como peces (por ejemplo: mariposas, ángeles, damiselas, sargentos, payasos, gobios, cirujanos, loros, globos y morenas) esponjas, pulpos, langostas, cangrejos, jaibas, corales, tortugas, delfines, algas, poliquetos, reptiles, aves y plantas (como pastos marinos). Se ha registrado la existencia de, al menos, 1271 especies de fauna, de las cuales 37 se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Además, en el SAV existen especies endémicas, es decir, que sólo se encuentran en estos arrecifes veracruzanos.

Sin embargo, las descargas de los tres ríos modifican el ambiente y hacen de esta región una zona con muchos sedimentos, materia orgánica y contaminación, lo cual genera condiciones ambientales poco propicias para la vida arrecifal; aunque a la vez le confiere al SAV características únicas en comparación con otros arrecifes.

Otra cualidad sorprendente del SAV es que se haya desarrollado a pesar de que históricamente ha estado sometido a estrés natural producto de una contrastante variación climática, ya que en la región se identifican tres temporadas a lo largo del año, conocidas localmente como "secas" durante primavera, "lluvias" en verano y otoño, con algunas tormentas tropicales, y "nortes" (masas de aire frío proveniente del norte con velocidades mayores a 120 km/h) durante el otoño e invierno. Además, el SAV ha estado sometido a una gran presión antropogénica durante los últimos 500 años, que inició desde la llegada de los españoles y la consecuente modificación del hábitat arrecifal, debido al deseo por hacer de las costas veracruzanas un sitio idóneo para el atraque de embarcaciones, llevando a la extracción de material coralino para la construcción de fortalezas y edificios, la generación de terrenos ganados al mar, y la construcción del puerto de Veracruz. En la actualidad dicha presión se ha incrementado debido a la cercanía de estos arrecifes con la zona conurbada de Veracruz-Boca del Río, la cual presenta un creciente desarrollo urbano cuyos drenajes terminan en el mar, un turismo de mediana escala en ascendencia, diversas actividades pesqueras y petroleras, y una cada vez más intensa actividad portuaria que incluye derrames de hidrocarburos, tráfico de embarcaciones, eventos de encallamiento, dragado de sedimentos, construcción de marinas y estructuras portuarias.

Por todo lo anterior, el SAV presenta características oceanográficas muy particulares, que difieren totalmente de las establecidas para la supervivencia de arrecifes coralinos; y estudios recientes indican que estos corales poseen una tasa de recuperación mayor que la de otros sistemas arrecifales del Golfo de México.

Así pues el SAV fue decretado Parque Nacional en 1992, Humedal de importancia internacional en la Convención Ramsar en 2004, Reserva de la Biósfera por parte de la UNESCO en 2006 y según la Conabio es un sitio prioritario para la conservación; sin embargo, los niveles de gestión y de ejecución son mínimos.

Ya que actualmente el SAV enfrenta la ampliación del puerto de Veracruz; para lo cual se modificó por decreto presidencial, el anterior polígono del área natural protegida "Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano", excluyendo la mitad del arrecife Punta Gorda, encima del cual se construirán estructuras portuarias; esto modificará la dinámica costera, lo que afectará nocivamente y de manera directa al arrecife Gallega, el cual se pronostica quedará sepultado, debido a la redirección y deposición de sedimentos. Los efectos de esta ampliación se verán reflejados en la salud del sistema arrecifal entero (Valadez-Rocha y Ortiz-Lozano, 2013).

Aunque para muchas naciones, la creación de puertos constituye una actividad económica importante, igual de relevante es la cantidad de beneficios que los arrecifes coralinos brindan. Si bien, el Sistema Arrecifal Veracruzano ha sobrevivido al descubrimiento y colonización de sus costas, el desarrollo desmedido de la población cada vez tiene impactos más severos en este ecosistema. A pesar de su notable resistencia, se desconoce cuánto tiempo más soportará las consecuencias del desinterés y la codicia humana. ❧

berumen.penelope@gmail.com ✉

Referencias

- Jen, E. (2001). Stable or robust? What's the difference? *Complexity*. 8(3): 12-18
- Kleypas, J., McManus, J. & Meñez, L. (1999). Environmental limits to coral reef development: where do we draw the line? *Amer. Zool.* 39: 146-159.
- Valadez-Rocha, V. & Ortiz-Lozano, L. (2013). Spatial and temporal effects of port facilities expansion on the Surface area of shallow coral reefs. *Environmental Management* 52(1): 250-260



• Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano - Postal, por SEMARNAT, en www.flickr.com

Elena Nalesso



• Uso del jamo, una red en forma de raqueta, en Bahía del Espíritu Santo, en Sian Ka'an. Foto: Eduardo Pérez Catzim. En Ley Cooper, K., y E. Quintanar Guadarrama 2010. Chakay: Marca colectiva con identidad de origen de las cooperativas de Quintana Roo. CONABIO. *Biodiversitas*, 90:10-15

La participación comunitaria en la protección de refugios pesqueros en Quintana Roo

Durante muchos años la pesca ha sido uno de los pilares más importantes en diversas comunidades costeras a lo largo de la costa del Caribe mexicano. El estado de Quintana Roo es bien conocido a nivel nacional por la extraordinaria biodiversidad que albergan sus aguas. Esta riqueza marina ofrece a las comunidades pesqueras el aprovechamiento de diversas especies de gran importancia comercial, como la langosta, el caracol, y diversas especies de meros y pargos. Sin embargo, estos recursos no son ilimitados, y con el tiempo los pescadores se han ido percatando que las zonas donde antes pescaban en abundancia han ido disminuyendo.

Uno de los objetivos de la conservación siempre ha sido encontrar la forma de involucrar a las comunidades con los principios de la conservación, de ahí nace la idea de formar y establecer áreas de refugio pesquero (zonas de no pesca). Los pioneros en la implementación de estas áreas en el país fueron las comunidades de Isla Natividad en Baja California Sur, estos ya cuentan con más de 10 años de datos, gracias al esfuerzo y dedicación de los pescadores locales.

Esto fue un incentivo para que, durante 2012 y 2013, con la ayuda y cooperación de seis sociedades cooperativas de producción pesquera, que trabajan en diferentes zonas dentro de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, la Bahía de Akumal y la Reserva de la Biósfera de Banco Chinchorro, todas ellas ubicadas en el estado de Quintana Roo, se decidiera establecer una red de 13 refugios pesqueros para la protección de más de 14,430 hectáreas marinas. Los mismos pescadores que suelen faenar en estas zonas tomaron la decisión conjunta de cerrar dichas áreas a la pesca por un período de cinco años, durante los cuales se espera que estas áreas, que suelen tener algún interés biológico (zonas de reproducción o crianza de peces), se puedan recuperar y aumentar el número de individuos. Esto provocaría lo que se conoce como efecto de desbordamiento, que básicamente consiste en el movimiento natural de las especies dentro y fuera del refugio pesquero, sobre todo de especies de interés comercial, lo que resultaría en un beneficio para los pescadores que faenan en las cercanías de los refugios.

Los mismos pescadores deciden establecer estos refugios, justamente para tener un beneficio a futuro, por lo que la participación, interés y entendimiento de todo el proceso es fundamental. Durante todo el proceso de implementación de los refugios los pescadores son capacitados tanto en cursos de buceo como en la identificación de las distintas especies de peces, el arduo entrenamiento y las evaluaciones continuas en las técnicas de monitoreo aseguran la exactitud de los datos para su posterior uso en la ciencia y en la toma de decisiones. Para verificar la validez de los datos recolectados se han realizado pruebas donde se comparan los datos de los pescadores con los de un experto, los resultados han sido muy satisfactorios ya que muestran un 81 por ciento de similitud entre unos y otros.

Esto demuestra que la ciencia a través de la participación comunitaria es viable y efectiva, además de que permite la conservación conjunta entre organizaciones y comunidad para un bien común. ◀

nalesso.elena@gmail.com ✉

Rubén Rodríguez-Hinojal

Áreas Marinas Protegidas y el éxito de



Los arrecifes de coral destacan por ser uno de los hábitats más bellos del planeta. Esta belleza se atribuye principalmente a la gran variedad de colores y formas aportados por la gran cantidad de especies que lo componen, ya que son uno de los ecosistemas con mayor número de especies del planeta. Además, aportan múltiples beneficios a las localidades donde se encuentran, tanto económicos provenientes de las actividades turísticas, como otros menos conocidos como es la protección de la zona costera frente al daño que pueden ocasionar tormentas y huracanes (Ferrario y otros, 2014).

Generalmente estos ecosistemas se encuentran gravemente afectados por las actividades humanas. Para frenar y mitigar el efecto ocasionado por el hombre, se han creado por todo el mundo gran cantidad de zonas protegidas (Box 1). La protección tiene como objetivo principal la conservación de ciertas zonas para conseguir la recuperación del hábitat y mantener las poblaciones y los ecosistemas en su estado natural (Russ y Alcalá, 2004).

Una de las medidas que se suele tomar al aplicar un plan de manejo para la protección de un ecosistema marino es la limitación o prohibición de la pesca. Esto conlleva, en muchos casos, a una respuesta más o menos rápida de recuperación de especies, principalmente aquellas que estaban amenazadas por la actividad humana (aunque, también hay especies que no aumentan sus poblaciones e incluso, algunas disminuyen el número de individuos cuando se aplica la protección; Box 2). Esta recuperación va a proporcionar nuevos organismos tanto a la zona protegida como a las zonas cercanas. Una reserva marina, generalmente, además de evitar el daño provocado por las actividades humanas va a permitir que se recupere el ecosistema arrecifal y, a su vez, aportará individuos a la pesca en las zonas aledañas a la reserva (Bohnsack, 1996).

Un ejemplo exitoso de reserva marina lo encontramos al sur de Baja California Sur, en Cabo Pulmo, un arrecife donde se puede llegar a encontrar una gran cantidad de especies de peces, crustáceos y moluscos, así como observar tortugas marinas (golfina y laúd como zona de anidación, carey y prieta como área de alimentación), tiburones, mantas, ballenas y lobos marinos entre otros. Cabo Pulmo fue decretado Área Natural Protegida en 1995. Antes de esta declaratoria, la actividad más frecuente era la pesca artesanal en la zona arrecifal o cerca del arrecife. Esta actividad no tenía ningún tipo de limitación en cuanto a la captura, por lo tanto, la población en su mayoría vivía de la pesca, extraían especies para comerciar y, además, para consumo propio. A partir de la declaratoria de Parque Nacional esta actividad quedó totalmente prohibida, así como el anclaje de embarcaciones, la captura de carnada y la instalación de arrecifes artificiales entre otras actividades.

La protección de este Parque Nacional fue efectiva, ya que hay trabajos que señalan que desde 2003 se ha observado un importante aumento en la abundancia de peces (Saldívar-Lucio, 2010) y que, en la actualidad hay un mayor número de especies y de mayor tamaño (indicativo de recuperación del ecosistema ya que la pesca afecta principalmente a los individuos de mayor tamaño). A pesar de esto, Cabo Pulmo se ha visto amenazada en varias ocasiones ante la pretensión de la construcción de complejos turísticos y hoteleros que podrían haber afectado gravemente al arrecife. La protección y conservación de estos ecosistemas es responsabilidad de todos. ◀

rodriguez-hinojal@gmail.com ✉

Referencias

- Bohnsack, J.A. (1996). Maintenance and recovery of reef fishery productivity. *Reef Fisheries*. Springer, pp. 293–313.
- Ferrario, F., Beck, M.W., Storlazzi, C.D., Micheli, F., Shepard, C.C., & Airolidi, L. (2014). The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. *Nature Communications*, 5, 1–9.
- Russ, G.R., & Alcalá, A.C. (2004). Marine reserves: long-term protection is required for full recovery of predatory fish populations. *Oecologia*, 138 (4), 622–627.
- Saldívar-Lucio, R. (2010). Cambios a largo plazo en la ictiofauna arrecifal del parque nacional Cabo Pulmo, Baja California Sur, México. Tesis de doctorado, Tesis de maestría CICIMAR-IPN. La Paz BCS: 146.

Manuel López

El Golfo de

También conocido como Mar de Cortés, es el mar semicerrado, largo y angosto que se extiende entre los estados de Sonora y Sinaloa, por un lado, y por la península de Baja California por el otro. Tiene aproximadamente 1000 km de longitud y, por el relieve del fondo marino, se divide de manera natural en dos regiones. La parte sur, que se extiende desde la boca del golfo hasta donde empieza la llamada zona de las grandes islas en donde se encuentra la Isla Tiburón (marcada con 1 en el mapa) que es la isla más grande de México. Desde la isla Tiburón hasta la llamada cabeza del golfo (el extremo cerrado) es la parte norte del golfo. La parte sur del golfo tiene cuencas que alcanzan profundidades de hasta 3 mil 500 metros y se comunica libremente con el Océano Pacífico a través de la boca que tiene una profundidad máxima cercana a 3 mil metros.

Pero al aproximarnos a la zona de las islas, la profundidad disminuye drásticamente hasta alcanzar profundidades máximas de 600 m. Además, en donde empieza el golfo norte, existen otras islas más pequeñas que restringen el paso del agua a través de estrechos y fondos marinos que son accidentados y, en ocasiones, empinados. Sin embargo, no toda la parte norte del golfo es poco profunda ya que al norte de la zona donde se inicia, existen cuencas profundas que alcanzan

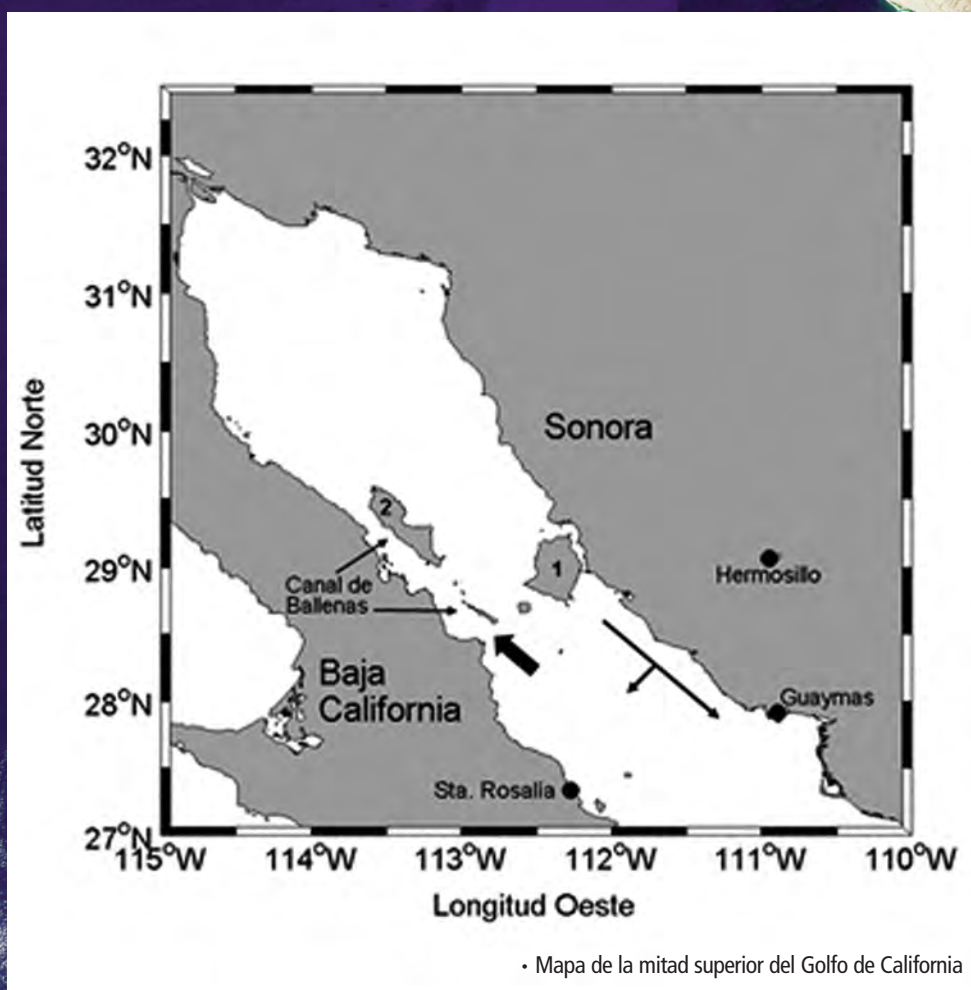
hasta 15
de Baller
de islas c
la segun

En ci
iertos de
(varieda
en su ap
económi
nacional
económi
incluyen
mica exc
la alta p
que com

En la
zonas co
ramient
varias de
na a la s
cópicas (

ticias ma
mados n
rios para
mente c
nismos n
planctor
decenas
tes pose
Pero las
descomp
y se van
asciend
donde p
fitopla

Si
ano
zont
entre
de tod
compar
de kilón
agu



• Mapa de la mitad superior del Golfo de California

Pérez Mariscal

e California

A la memoria de Antonio Reséndiz, un habitante del canal

a 1500 metros de profundidad. Estas profundidades se alcanzan en el llamado Canal de Ballenas (ver mapa) que se extiende entre la península de Baja California y una cadena de islas que culmina en la Isla Ángel de la Guarda (marcada con un 2 en el mapa) que es la segunda isla más grande de nuestros mares.

En cierto sentido, el golfo es un mar de contrastes. Rodeado en su mayoría por los estados de Sonora y Baja California, el golfo es muy productivo y con una gran biodiversidad (variedad de especies biológicas). La alta productividad biológica del golfo se ve reflejada en su aporte a la pesca nacional. El golfo ocupa poco menos del 2 por ciento de la zona económica exclusiva y sin embargo en 2012 aportó el 75 por ciento del volumen de la pesca nacional, lo cual correspondió al 59 por ciento del valor total de la pesca en México. La zona económica exclusiva es la zona que se extiende unos 370 km de todas las costas mexicanas, incluyendo islas, y sobre la cual México tiene derechos exclusivos de pesca. La zona económica exclusiva es casi 1.5 veces más grande que el territorio nacional. Pero, ¿A qué se debe esta productividad del golfo? A continuación trataremos de explicar algunos fenómenos que contribuyen a esa alta productividad.

En la mar la productividad biológica está lejos de estar distribuida uniformemente. Las zonas con mayor productividad biológica tienden a estar en las zonas de surgencias o afloramientos que son zonas en donde aguas subsuperficiales (aguas que se encuentran desde las decenas hasta varias centenas de metros de profundidad) ascienden a la zona cercana a la superficie. Estas zonas están asociadas a florecimientos masivos de las algas microscópicas (el llamado fitoplancton) que constituyen la base de casi todas las cadenas alimenticias marinas. Para que florezca el fitoplancton se necesitan dos ingredientes: luz y los llamados nutrientes que son compuestos químicos como fosfatos, nitratos y silicatos, necesarios para el desarrollo de estas algas microscópicas. En el océano, la luz se absorbe rápidamente con la profundidad. Sobre todo cuando hay partículas (incluidos los propios organismos microscópicos) en suspensión lo cual es común en el océano. Por lo tanto el fitoplancton solo puede florecer en las aguas superficiales, generalmente hasta unas cuantas decenas de metros. Pero esas aguas superficiales son precisamente las que menos nutrientes poseen, entre otras razones porque el propio fitoplancton consume esos nutrientes. En las aguas más profundas son ricas en nutrientes ya que toda la materia orgánica en suspensión (desechos y organismos que mueren) van cayendo por la columna de agua y van descomponiendo en su viaje hacia las profundidades. En donde tenemos agua que asciende desde profundidades donde no hay luz hasta regiones cercanas a la superficie donde penetra la luz, tendremos los dos ingredientes necesarios para el florecimiento del fitoplancton.

Sin embargo mover el agua verticalmente hacia abajo o hacia arriba en el océano no es fácil. Los movimientos verticales son muy lentos comparados con los horizontales. Esto se debe a dos razones. Por un lado, está una simple relación geométrica entre las escalas horizontales y verticales del océano. Aunque la profundidad promedio de todos los océanos es de 3 mil 734 metros, eso en realidad es una distancia pequeña comparada con las dimensiones horizontales que pueden llegar a ser de decenas de miles de kilómetros, como en el caso del Océano Pacífico. Los océanos son capas delgadas de agua que cubren el 71 por ciento de la superficie terrestre y por tanto los movimientos verticales están mucho más restringidos que los horizontales. Por otro lado, en la mayor parte de las regiones oceánicas la densidad del agua de mar aumenta con la profundidad. Es decir, el agua más cercana a la superficie es más ligera que el agua a mayor profundidad. Esto inhibe los movimientos verticales ya que cuando una parcela de agua se mueve hacia arriba o hacia abajo, la distribución vertical de densidad genera una fuerza que tiende a regresar a la parcela de agua a su posición original. Los movimientos verticales de agua tienen que vencer a estas fuerzas que tienden a inhibir el movimiento en esa dirección. Sin embargo, como veremos, no siempre el agua más densa se encuentra a una mayor profundidad que el agua más ligera. Precisamente en el golfo de California se da esta situación poco común en la que el agua más pesada que se encuentra a menor profundidad entra en contacto con aguas más ligeras que se encuentran a mayor profundidad.

Volviendo al golfo de California, hay varios mecanismos que provocan movimientos

verticales ascendentes relativamente rápidos dentro de este mar. Algunos de ellos están presentes en muchas otras mares costeras y otros son más particulares del golfo. Un fenómeno que está presente en muchas otras zonas es el de las surgencias o afloramientos costeros debidos al viento. Para comprender este fenómeno es importante explicar que cuando el viento sopla sobre la superficie del mar durante un tiempo suficientemente largo (por lo menos unos cuantos días) el movimiento neto de la capa superficial de agua es hacia la derecha del viento en el hemisferio norte. Esto puede parecer contra intuitivo ya que lo más lógico parecería ser que el viento arrastre al agua en la misma dirección en la que sopla el viento. Sin embargo, a los movimientos oceánicos los afecta una fuerza que se debe a la rotación de la tierra. Esta fuerza, conocida como fuerza de Coriolis en honor al ingeniero francés que la analizó con detalle, tiende a desviar el agua hacia la derecha de su movimiento en el hemisferio norte y a la izquierda en el hemisferio sur. Como el viento tiende a mover el agua de la capa superficial hacia la derecha, cuando tenemos un viento que sopla paralelo a la costa con la costa a la izquierda (representado en el mapa por la flecha larga cerca de las costas de Sonora), entonces el viento tiende a mover el agua en la dirección alejándose de la costa (flecha corta perpendicular a la flecha que representa al viento en el mapa). El agua que reemplaza al agua que se movió alejándose de la costa viene de mayores profundidades y por tanto contiene concentraciones altas de nutrientes. En el golfo este mecanismo actúa fundamentalmente en las costas de Sonora y Sinaloa y es provocada por vientos que soplan hacia la boca del golfo, en la dirección de la flecha larga. Pero este mecanismo también está presente en otras zonas costeras fuera del golfo. Por ejemplo, en la costa de Baja California del lado del océano Pacífico, también soplan vientos fuertes hacia el sureste y provocan surgencias costeras que de hecho están asociadas a zonas de pesca abundante. Es importante resaltar que este fenómeno depende de que los vientos soplen con suficiente intensidad y que duren unos cuantos días. Si estas condiciones no se dan, no hay surgencias costeras.

Otro fenómeno que produce surgencias y que es más particular del golfo, se lleva a cabo en el Canal de Ballenas. En el fondo marino de la parte sur del canal (donde está la flecha gruesa pegada a la costa de Baja California en el mapa) existe un paso estrecho y relativamente poco profundo de 400 metros a donde llega agua del Océano Pacífico. Esa agua es un poco más densa (más pesada) que el agua que se encuentra dentro del canal incluyendo el agua más profunda que alcanza hasta 1500 metros de profundidad dentro del canal. Por la diferencia de densidad que existe entre esas dos aguas, el agua más densa proveniente del Pacífico fluye a través del paso estrecho y luego continúa por un cañón submarino descendente que conduce hasta las profundidades más grandes del canal. Es como una especie de río submarino, pero en lugar de fluir en contacto con el aire, fluye por debajo de agua un poco más ligera. En su trayecto alcanza velocidades relativamente altas y por tanto se mezcla con el agua menos densa por arriba de la corriente. Al mezclarse con agua menos densa va reduciendo su densidad hasta que llega al fondo del canal con una densidad menor comparada con la densidad con la que inició su trayecto por el cañón descendente. El canal de Ballenas está aislado por debajo de los 400 metros, así que este proceso está continuamente renovando su agua profunda y esto hace que conforme llegue agua nueva al fondo, la que estaba antes tenga que ser desplazada hacia arriba. Se ha estimado el volumen de agua por unidad de tiempo (lo que los ingenieros denominan gasto y los oceanógrafos transporte) que está entrando al canal y conociendo el volumen que tiene el canal se ha estimado la velocidad vertical promedio en unos cinco metros por día. Esta velocidad puede parecer muy pequeña pero en realidad es una velocidad vertical bastante alta comparada con las que se han calculado para otras partes del océano. Por ejemplo, las aguas profundas de los grandes océanos se renuevan por hundimiento de aguas muy frías en las regiones polares. Esa agua se distribuye a través de toda la parte profunda del océano y asciende en las regiones tropicales y templadas con una velocidad vertical estimada de apenas un centímetro por día. Las zonas donde hay surgencias por viento también pueden alcanzar velocidades verticales de unos cuantos metros por día, sin embargo no todo el tiempo está soplando el viento con la dirección y magnitud apropiadas, así que solo durante el tiempo que el viento es apropiado se alcanzan esas velocidades. En cambio, en el caso del canal, parece ser que la entrada constante de agua hasta sus partes más profundas provoca que la velocidad vertical sea permanentemente de unos cuantos metros por día.

El agua que asciende en el canal y que llega a la zona donde penetra la luz es rica en nutrientes y puede ser exportada a otras partes del golfo por las corrientes cercanas a la superficie. Este ascenso constante de aguas ricas en nutrientes es una de las razones por las que el golfo norte es una región biológicamente tan productiva que da origen y mantiene a una exuberante variedad de peces, aves y mamíferos marinos incluyendo grandes ballenas y al pez más grande del mundo, el llamado tiburón ballena, que pasan temporadas alimentándose en esa bella parte del golfo.

Antonio Gómez-Gómez

La pesca, ¿una actividad con futuro?

Desde 1990 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ha monitoreado el estado de las pesquerías en el mundo. En 2014 un 28.8 por ciento de las pesquerías a nivel mundial se encontraban sobreexplotadas, y un 61.3 por ciento había alcanzado su nivel máximo de explotación, mostrando una disminución en las capturas desde 1974 (FAO, 2014). México podría ser un ejemplo de esta situación, donde más de 45 por ciento de sus pesquerías a nivel nacional se encuentran colapsadas o en estado de sobrepesca (Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón, 2011).

El deterioro de los recursos pesqueros puede perjudicar el futuro de los pescadores y sus familias. 95 por ciento de la captura pesquera a nivel mundial se realiza por pesquerías de pequeña escala (McGoodwin, 2001), es decir, aquellas que operan con embarcaciones pequeñas y zarpan desde la costa (McConney y Charles, 2010). En México, para más de 300 mil habitantes, la pesca es su principal fuente de empleo (EDF, 2015). La mejora en las capturas de peces y las condiciones de su ecosistema podría evitar situaciones dramáticas para las poblaciones costeras en el futuro. Una de las estrategias más eficientes para lograr dicha mejoría consiste en restringir la sobrepesca. Pero, ¿qué es la sobrepesca?

La sobrepesca se define como el nivel de actividad donde las capturas pesqueras superan la capacidad de regeneración de las especies. Así, año con año, los recursos pesqueros van disminuyendo.

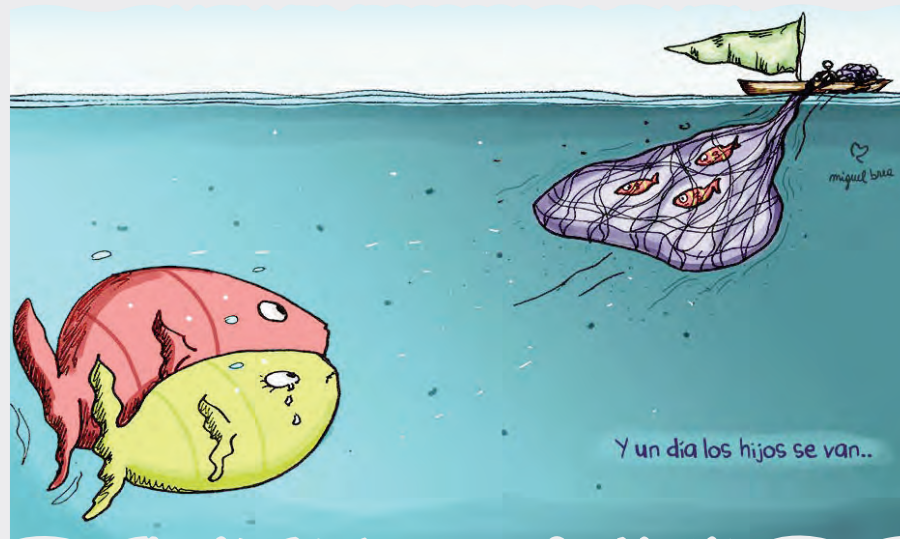
Resulta evidente que para conservar los recursos para el futuro, se necesita reducir la sobrepesca, y mitigar los efectos negativos que tiene la pesca sobre el ecosistema marino. Pero ¿qué herramientas existen para mitigar estos efectos?

Existen numerosas herramientas de manejo pesquero que pueden revertir el estado de deterioro de las pesquerías: desde limitar el acceso a la explotación pesquera a través de permisos, concesionar a cierto número de actores, o concretar cuotas de captura para las especies; acordar periodos o zonas de veda, o definir lugares de no pesca permanentes; implementar modificaciones en las artes de pesca y embarcaciones como declarar tallas mínimas de capturas entre otras.

Elegir la mejor herramienta de manejo pesquero (o combinación de herramientas) no es una tarea sencilla. Se requiere bastante información y conocimiento sobre las especies, tanto a nivel biológico como social, para determinar la opción más eficiente y efectiva para cada pesquería. En las últimas décadas varias de estas herramientas han obtenido mayor impulso a nivel global, debido a sus buenos resultados, para mantener o mejorar el estado de las poblaciones pescadas.

Una de estas exitosas herramientas es el manejo de la pesquería a través de cuotas compartidas que asignan un límite de captura para las distintas especies de interés comercial en un territorio definido. Estas cuotas deben estar limitadas a una captura total permisible, basándose en información científica, sin sobrepasar el potencial de recuperación de la especie explotada (EDF, 2015). De esta manera, en la temporada siguiente, las especies pueden recuperarse y continuar otorgando beneficios a las comunidades pesqueras. Varias pesquerías en México utilizan esta herramienta para su manejo, como ejemplo de ellas se encuentran la pesquería de curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) y la de almejas (*Megapitaria sp*) en el Golfo de California (EDF, 2015).

Otra de las herramientas para mitigar los efectos de la sobrepesca son las famosas zonas de no pesca o reservas marinas. Su creación consiste en proporcionar refugio a las especies dando como resultado un aumento en el tamaño y la densidad de las mismas. Además, la creciente densidad de larvas, juveniles y adultos dentro de la reserva provoca que estos se propaguen hacia fuera de los límites de la reserva, ayudando a repoblar las zonas pescadas (Micheli y otros, 2012). De esta manera, provocan un aumento en las capturas de zonas cercanas a la reserva por efecto de desbordamiento (Goni y otros, 2008). México cuenta con



• Sobrepesca, por Miguel Brea, en www.flickr.com

numerosas reservas marinas a lo largo de todo su territorio. El Parque nacional Cabo Pulmo, en Baja California Sur, y los refugios pesqueros de Sian Ka'an, en el caribe Mexicano, son dos ejemplos exitosos de reservas marinas formales. Existen también reservas voluntarias, las cuales son acordadas por los pescadores de una zona determinada (pero no son reservas por ley), como es el caso dentro de las zonas de concesión de varias cooperativas pesqueras del Pacífico de la península de Baja California.

En los últimos años, con el fin de desarrollar pesquerías sustentables y disminuir la sobreexplotación del medio marino, varias organizaciones internacionales comenzaron a trabajar en el diseño de certificaciones pesqueras. Las certificaciones avalan que los métodos de pesca son sustentables

para el ecosistema marino, que existe un control de los recursos, y que existe justicia social entre los actores del sector pesquero. Las certificaciones permiten identificar productos adquiridos con métodos que respetan estándares internacionales medioambientales y sociales, a la vez que ayudan a los pescadores a introducir mejoras constantes en sus pesquerías. En México contamos con varios ejemplos: la langosta en el noroeste de México, siendo la primera pesquería de pequeña escala en certificarse a nivel mundial; y la langosta en el caribe Mexicano por parte del organismo *Marine Stewardship Council*. Además, recientemente se certificó la pesquería artesanal de camarón en Sinaloa por *Fair Trade*. Otros organismos publican listados de pesquerías (como el *Seafood Watch* del *Monterey Bay Aquarium*, <http://www.seafoodwatch.org>),

que se encuentren o no certificadas, evaluadas como pesquerías sustentables. Así ayudan al consumidor a conocer qué productos son las mejores opciones para consumir en términos de sustentabilidad. De este último caso, en México se encuentra el jurel (*Seriola lalandi*) de Isla Natividad (Baja California Sur) que está evaluado como pesca sustentable (o "Mejor opción" para consumir) por parte del *Monterey Bay Aquarium*.

En resumen, queremos conservar el modo de vida de las comunidades pesqueras del litoral mexicano, se deben aprovechar los recursos de forma sustentable. Así, debemos reducir y mitigar los impactos de la sobrepesca en el medio marino. Por lo tanto, es imprescindible la implementación de estrategias de manejo efectivas, con herramientas que ayuden a conservar los recursos. De esta manera se podrán asegurar los recursos pesqueros para las generaciones futuras. La salud de los mares y océanos está en las manos de los mis-

mos usuarios que viven y disfrutan de él, así que el futuro de estos empieza con las buenas prácticas pesqueras del presente. ☺

En colaboración con: Amanda Lejbowicz, Carolina Ortiz, Francisco Fernández

agomez@cobi.org.mx ✉

Referencias

- Arreguín-Sánchez, F., y Arcos-Huitrón, E. (2011). La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*, 21(3), 431-462.
- FAO. (2014). The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Vol. 2014).
- EDF, Environmental Defense Fund de México. (2015). Pesca y economía del océano: sustentabilidad y rentabilidad a nuestro alcance.
- Goni, R., Adlerstein, S., Alvarez-Berastegui, D., Forcada, A., Renones, O., Criquet, G., ... Planes, S. (2008). Spillover from six western Mediterranean marine protected areas: Evidence from artisanal fisheries. *Marine Ecology Progress Series*, 366, 159-174.
- McConney, P., y Charles, A. (2010). Managing small-scale fisheries: Moving towards people-centred perspectives'. *Handbook of marine fisheries conservation and management*. Oxford University Press, New York, 532-546.
- Micheli, F., Saenz-Arroyo, A., Greenley, A., Vazquez, L., Espinoza Montes, J. A., Rossetto, M., y de Leo, G. A. (2012). Evidence that marine reserves enhance resilience to climatic impacts. *PLoS ONE*, 7(7).



Monterey Bay Aquarium
Seafood Watch



Fernanda Urrutia Osorio

La ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*): un gigante del Golfo de California

México ocupa el cuarto lugar del mundo en cuanto a diversidad biológica. Las especies marinas del Golfo de California y el Golfo de México representan 9.9 por ciento de la riqueza total de especies, por lo que es también reconocido por la biodiversidad presente en el ambiente marino. El Golfo de California o Mar de Cortés alberga el 80 por ciento de los mamíferos marinos de México y cuenta con 31 de las 83 especies de mamíferos marinos del mundo. De esta manera, el Golfo de California representa una zona importante para el estudio y la conservación del orden de los cetáceos.

El Mar de Cortés cuenta con dos subórdenes de cetáceos: Mysticeti (ballenas barbadas) y Odontoceti (ballenas con dientes). Del primer suborden, el Golfo de California alberga seis especies: la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), la ballena de Bryde (*Balaenoptera edeni*), la ballena Minke (*Balaenoptera acutorostrata*), la ballena Sei (*Balaenoptera borealis*) y la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*). Sin embargo, poco se sabe acerca de la ballena de aleta, especie clave para el Mar de Cortés.

La ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) también es conocida como rorcual común y es el segundo animal más grande del mundo. Es una especie cosmopolita, es decir, que se distribuye alrededor de todo el mundo, sin embargo, existe una población residente y aislada localizada en el Golfo de California (Urbán-Ramírez y otros, 2005). El tamaño de la población de la ballena de aleta del Mar de Cortés es incierta, pero se estima que cuenta con alrededor de 600 individuos. Superado únicamente por la ballena azul, este animal mide en promedio 19 metros de longitud; aunque se han llegado a registrar individuos de más de 27 metros.

Se ha demostrado que la población de ballena de aleta presenta una migración estacional a lo largo del Golfo de California, la cual se mueve con dirección al norte a la región de Bahía de los Ángeles durante los meses de primavera y verano debido a la alta productividad y disponibilidad de alimento (krill) presente en esa zona y posteriormente migra al sur hacia Loreto y La Paz los meses de otoño e invierno (Urbán-Ramírez y otros, 2001).

Aunque el Golfo de California es considerado como un área de protección y conservación de la biodiversidad, la ballena de aleta enfrenta varias amenazas, mayormente de origen antropogénico como la pérdida de hábitat, el ruido náutico, la contaminación por hidrocarburos y por residuos sólidos, el enmallamiento en artes de pesca y

AUNQUE EL GOLFO DE CALIFORNIA ES CONSIDERADO COMO UN ÁREA DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN

DE LA BIODIVERSIDAD,

LA BALLENA DE ALETA ENFRENTA VARIAS

AMENAZAS, MAYORMENTE DE ORIGEN

ANTROPOGÉNICO COMO LA PÉRDIDA

DE HÁBITAT Y EL RUIDO NÁUTICO

principalmente, las colisiones con embarcaciones derivadas de la interacción de esta población con las pesquerías del Mar de Cortés. Debido a esto, la ballena de aleta se encuentra catalogada en la Lista Roja de la IUCN (*International Union of Conservation of Nature and Natural Resources*) como especie en peligro y, en México, está protegida bajo la NOM-059-ECOL-1994 "Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo".

Las colisiones con embarcaciones representan una amenaza para casi todas las especies de ballenas en el mundo. Estos incidentes son difíciles de evaluar cuando no hay datos necesarios, no se conocen las fuentes, el estatus de una población es incierta y principalmente cuando se trata de una población pequeña y aislada, como es el caso de la ballena de aleta del Golfo de California.

Las pequeñas embarcaciones utilizadas en el Golfo de California, llamadas pangas, provocan heridas que pueden llegar a causar la muerte. En 2015, el Programa de Observación de Cetáceos (Procetus)

identificó 93 individuos de ballenas de aleta de las cuales el 50 por ciento mostraron heridas causadas por las pangas del Golfo de California. Es evidente que las colisiones con pangas representan la principal amenaza para la población del rorcual común, por lo que es importante mejorar los esfuerzos de conservación para poder mantener esta población por muchos años más.

En general, los mamíferos marinos dependen de un ecosistema saludable para su sobrevivencia, por lo que actúan como indicadores de los cambios en los ecosistemas (Moore, 2008). La ballena de aleta del Golfo de California es ejemplo de una especie clave que puede ser utilizada para describir los cambios que están sufriendo los ecosistemas marinos de México, como la destrucción del hábitat, la contaminación o el cambio climático. Es vital que los mexicanos conozcamos más acerca de esta especie debido a su importancia ecológica y cultural y que además, se familiaricen con los esfuerzos de conservación que se llevan a cabo por parte de los diferentes grupos de investigación. ☞

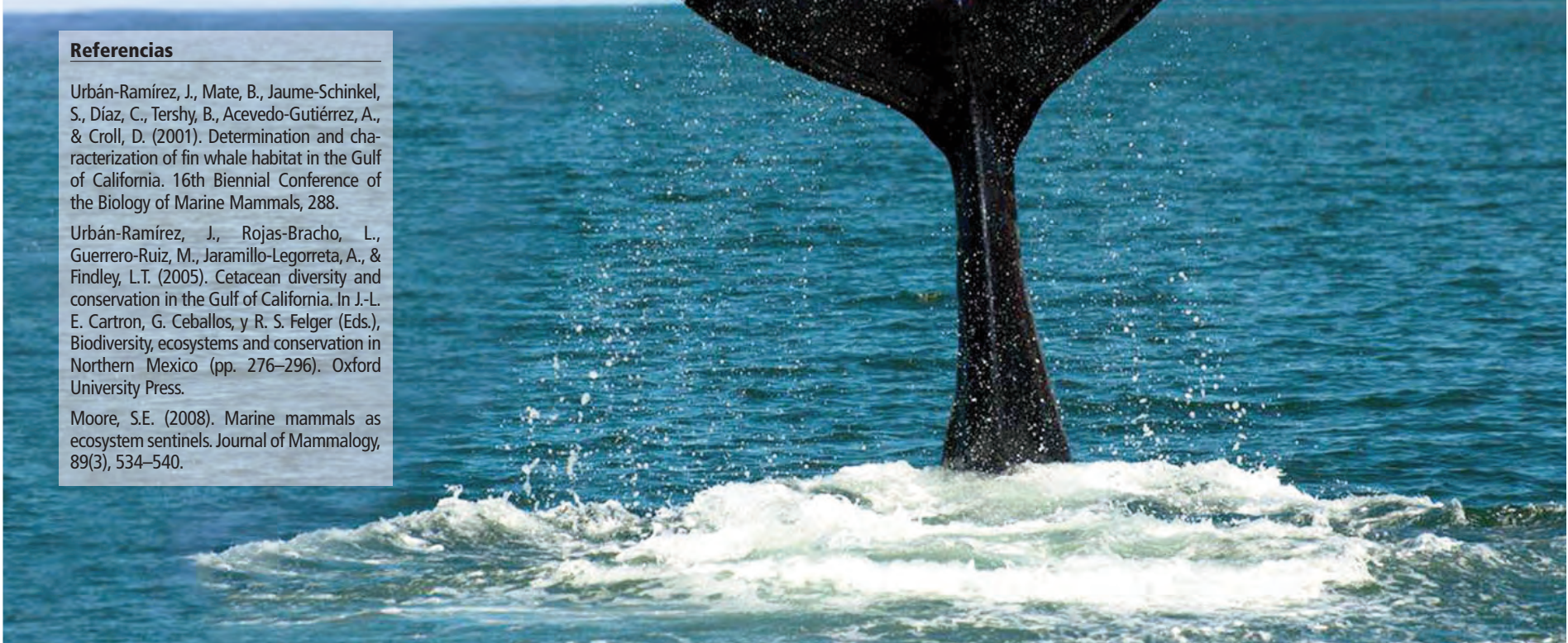
urrutiaof@gmail.com ✉

Referencias

Urbán-Ramírez, J., Mate, B., Jaime-Schinkel, S., Díaz, C., Tershy, B., Acevedo-Gutiérrez, A., & Croll, D. (2001). Determination and characterization of fin whale habitat in the Gulf of California. 16th Biennial Conference of the Biology of Marine Mammals, 288.

Urbán-Ramírez, J., Rojas-Bracho, L., Guerrero-Ruiz, M., Jaramillo-Legorreta, A., & Findley, L.T. (2005). Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California. In J.-L. E. Cartron, G. Ceballos, y R. S. Felger (Eds.), *Biodiversity, ecosystems and conservation in Northern Mexico* (pp. 276–296). Oxford University Press.

Moore, S.E. (2008). Marine mammals as ecosystem sentinels. *Journal of Mammalogy*, 89(3), 534–540.



Sergio Cortés Sánchez

Puebla: entidad de servicios educativos

EN EL CICLO ESCOLAR QUE EN BREVE
INICIARÁ, HABRÁ 215 INSTITUCIONES
DE EDUCACIÓN SUPERIOR (IES)
QUE OFRECERÁN MIL 721 PROGRAMAS
DE LICENCIATURA CORRESPONDIENTES
A 71 DISCIPLINAS PROFESIONALES

En el ciclo escolar 2016-2017 la oferta de programas de licenciatura en la modalidad escolarizada se duplicó respecto al año 2006-2007. En el ciclo escolar que en breve iniciará, habrá 215 instituciones de educación superior (IES) que ofrecerán mil 721 programas de licenciatura correspondientes a 71 disciplinas profesionales. Las IES que más programas ofrecen son la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), la Universidad del Valle de Puebla (UVP), la Universidad Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) y el Instituto de Estudios Superiores de la Sierra. El costo para estudiar una licenciatura depende del tipo de financiamiento: las públicas son más baratas que las privadas: de las primeras, las que tienen un precio simbólico son el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural, la Escuela Normal Rural “Carmen Serdán”, el Instituto de Artes Visuales del Estado, el Instituto Tecnológico de Tecmatlán, la Universidad Intercultural del Estado de Puebla y la BUAP. De las IES de financiamiento privado, las más caras son la Universidad Anáhuac, plantel Puebla (89 veces superior a la BUAP), la Universidad Iberoamericana, Puebla (90 veces más que la BUAP), Fundación Universidad de las Américas, Puebla (UDLAP, 106 veces más cara que la BUAP), el Instituto Culinario de México (109 veces) y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (127 veces lo que en promedio cuesta una licenciatura en la BUAP).

Los programas del área de Ciencias de la Salud se triplicaron en el último decenio (disciplinas de Enfermería y Obstetricia, Ciencias Biomédicas, Medicina, Nutrición, Odontología, Química de la Salud, Seguridad e Higiene, y Terapia), así como los del área de Educación y Humanidades (disciplinas de Artes, Arte Dramático, Danza, Educación y Docencia, Escenografía, Filosofía, Historia, Humanidades, Idiomas, Letras y Música). Los programas del área de Ciencias Sociales y Administrativas se duplicaron entre 2006 y 2016, en especial, las disciplinas de Administración, Ciencias de la Comunicación, Comercio Internacional, Contaduría, Derecho, Mercadotecnia, Psicología y Turismo.

Tres cuartas partes de los programas de licenciatura a impartir en el ciclo 2016-2017 se concentran en 15 disciplinas: Administración, Educación y Docencia, Computación y Sistemas, Derecho, Diseño, Ing. Industrial, Contaduría, Psicología, Ing. Mecánica y Eléctrica, Turismo, Ciencias de la Comunicación, Mercadotecnia, Arquitectura, Comercio Internacional e Idiomas.

La disciplina de Administración registró 187 programas de licenciatura que se impartirán en 108 IES, el costo promedio a valor presente es de 162 mil pesos. Las de menor costo son la Universidad Tecnológica (Huejotzingo, Izúcar, Oriental, Tecamachalco, Tehuacán y Xicotepec), la BUAP, el Instituto Tecnológico Superior (Huauchinango y Tepexi), y la Universidad Pedagógica Nacional (Tehuacán): las de mayor costo son la Universidad del Valle de México Puebla (UVMP), I.N.Q.BA Escuela de Negocios, Universidad Anáhuac Puebla, la Universidad Iberoamericana, Puebla (Ibero), la UDLAP y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Tec de Monterrey). La disciplina de Educación y Docencia registra 139 programas de licenciatura impartidos en 68 IES, el costo promedio a valor presente de 69 mil pesos. Las IES que registran menor costo son la Universidad Intercultural del Estado de Puebla, la Escuela Normal Rural “Carmen Serdán”,

la BUAP, la Escuela Normal Superior (Tehuacán, del Estado de Puebla y Federalizado del Estado de Puebla), la Escuela Normal Luis Casarrubias y la Universidad Pedagógica Nacional (UPN); las más caras son la Escuela Superior de Turismo Roberto Cañedo, Desarrollo Transpersonal Instituto Universitario, A.C., Instituto Normal México, Wilbing Centro Universitario, y la Ibero.

Computación y Sistemas registra 118 programas de licenciatura impartidos en 78 IES, el costo promedio de la disciplina es de 108 mil pesos. Las instituciones más accesibles en cuanto al costo total del programa son la BUAP (5 mil 600 pesos), el Instituto Tecnológico Superior (Acatlán, Serdán, Ajalpan, Libres, Texmelucan, Tepeaca, Tepexi y Venustiano Carranza) y Universidad Tecnológica (Huejotzingo, Izúcar, Tecamachalco, Tehuacán y Xicotepec). Las IES más caras son la Universidad Madero, UPAEP, UVMP, UDLAP y el Tec de Monterrey (924 mil pesos). La disciplina de Derecho agrupa a 117 programas de licenciatura impartidos en 95 IES, con un costo promedio de 137 mil pesos. Los programas más baratos de la disciplina se ofrecen en la Universidad Intercultural del Estado de Puebla (200 pesos), la BUAP, la Universidad Internacional Siglo XXI, el Instituto de la Educación digital de Estudios de Puebla, y el Centro de Estudios Intensivos de Cholula; los más caros se imparten en la Escuela Libre de Derecho de Puebla, A.C., la Ibero, la Universidad Anáhuac, UDLAP, y el Tec de Monterrey (924 mil pesos).

Diseño integra 91 programas de licenciatura que se imparten en 59 IES, el costo promedio es de 194 mil pesos. Los costos más bajos se registraron en el Instituto Boulanger (3 mil 850 pesos), la Universidad Washington, la BUAP, el Instituto de Estudios Superiores de la Sierra (Teziutlán) y la UVMP; los más altos se ubican en la UVP, la Universidad Realística de México, la Universidad Interamericana para el Desarrollo, Atlixco, la Universidad Anáhuac Puebla, la UDLAP y el Instituto Superior del Centro Educativo de Puebla (865 mil pesos). Ingeniería Industrial es una disciplina que agrupa 90 programas impartidos en 52 IES, con un costo promedio de 118 mil pesos; los precios más accesibles se ubican en la BUAP (7 mil 259 pesos) el Instituto Tecnológico Superior (Acatlán, Atlixco, Serdán, Ajalpan, Libres, Texmelucan, Tepeaca y Tepexi) y en la

Universidad Tecnológica (Huejotzingo, Oriental, Puebla, Tecamachalco, Tehuacán y Xicotepec); los programas más caros se ofrecen en la UVMP, la Universidad Anáhuac Puebla, la Ibero, UDLAP y Tec de Monterrey (924 mil pesos).


Contaduría agrupa 82 programas de licenciatura impartidos en 65 IES, el costo promedio del programa es de 91 mil pesos; los precios más bajos se registraron en la BUAP (7 mil 500 pesos), el Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte y en el de Texmelucan así como en la Universidad Tecnológica (Izúcar y Tecamachalco); los precios más altos los cobran la Universidad San Ángel, la Universidad La Salle Benavente, la Universidad Madero, la UPAEP, y la Ibero (658 mil pesos). La disciplina de Psicología se ofrece en 81 programas impartidos en 69 IES con un costo promedio de 139 mil pesos; los precios más bajos lo ofrece la BUAP (7 mil 500 pesos), la Universidad Internacional Siglo XXI, el Instituto de Educación digital de Estudios de Puebla, el Centro Educativo de la Región de Texmelucan, A.C. y Educación y Capacitación hispana de Chalchicomula SC; los programas más caros los ofrecen la Universidad Madero, la UVMP, la UPAEP, la Ibero, la Universidad Anáhuac Puebla y la UDLAP (762 mil pesos).

La disciplina Ingeniería Mecánica y Eléctrica contiene 72 programas que se ofrecen en 42 IES, el costo promedio es de 177 mil pesos. Los programas de más bajo precio se registraron en la Universidad Tecnológica de Tecamachalco (6 mil 990 pesos), la BUAP, el Instituto Tecnológico Superior (Atlixco, Serdán, Libres y Tepexi) y en la Universidad Tecnológica (Huejotzingo, Tecamachalco, Tehuacán y Xicotepec). Los programas de precios más altos los ofrecen la UVMP, la UPAEP, la Ibero, la UDLAP y el Tec de Monterrey (924 mil pesos).

Turismo es una disciplina que registró 68 programas ofrecidos en 50 IES, el costo promedio es de 170 mil pesos; los menores precios del programa se registraron en la Universidad Intercultural del Estado de Puebla (200 pesos), la BUAP, el Instituto Tecnológico Superior (Atlixco, Zacapoaxtla) y la Universidad Tecnológica de Xicotepec; los precios más altos corresponden a la UVMP, la UPAEP, Universidad Anáhuac, la UDLAP y el Instituto Culinario de México (797 mil pesos).

Las disciplinas de las áreas de Ciencias Naturales y Exactas y Ciencias Agropecuarias no tuvieron incrementos significativos de sus programas y las disciplinas emergentes asociados a la globalización (Comercio internacional e Idiomas) no desplazan a las tradicionales (Administración, Derecho y Contaduría). Casi la mitad de los programas ofrecidos en el ciclo escolar 2016-2017 corresponden al área de Ciencias Sociales y Administrativas.

El costo total de los programas de licenciatura se estimó con base en las cuotas, colegiaturas, inscripciones, semestres, créditos y gastos diversos que cada IES reporta en sus portales electrónicos; solo incluye gastos referidos al ingreso y permanencia, no así los de egreso.

La fuente aquí utilizada es la Secretaría de Educación Pública. SES-OFERTA EDUCATIVA (http://www.ses.sep.gob.mx/wb/ses/oferta_educativa) y los portales electrónicos de las Instituciones de Educación Superior registradas en los sistemas UAP, UNAM y SEP que operan en la entidad poblana en el ciclo 2016-2017. 

José Gabriel Ávila-Rivera



La isla de basura en el Pacífico

• *What lies under*, pintura de **Ferdi Rizkiyanto's**, tomada de <http://ferdi-rizkiyanto.blogspot.mx/2011/06/what-lies-under.html>

Corría el año de 1997 cuando el estadounidense Charles Moore (capitán de barco y surfista) decidió atravesar el Océano Pacífico por una ruta alejada de la navegación turística y mercantil. Le llamó la atención encontrar durante su travesía una inusitada cantidad de residuos de plástico como botellas, tapas, jeringas, bolsas, etcétera, pasando a la historia como el primer navegante en mencionar a la comunidad mundial la existencia de esta zona con altísimos niveles de contaminación, que forma una verdadera isla de basura.

El primer artículo científico publicado sobre este fenómeno data de 1999 y por increíble que parezca, la actitud para hacer frente a este enorme problema es la pusilanimidad absoluta. Las razones por las que no se hace algo giran en torno a que estando en aguas internacionales, no hay países en los que se puedan descargar responsabilidades.

Además el hecho de que no haya rutas comerciales convierte a esta zona en un área sin jurisdicción. Aunque existe una difusión amplia en medios como periódicos y sitios en la internet, poca gente presta atención a esta grave condición ecológica pues no es visible.

Muchas cosas se pueden mencionar; sin embargo, las cifras son impresionantes. Una superficie que se estima en más de 15 millones de kilómetros cuadrados, es más grande que la India, por lo que se le ha denominado ya el séptimo continente. Con un cálculo aproximado de 100 millones de toneladas, 80 por ciento es de origen terrestre y el restante 20 por ciento de embarcaciones que cruzan el océano. Los países que esencialmente contribuyen en su formación son los Estados Unidos y Japón, tardando cinco años y un año, respectivamente, en llegar a esta gran masa de basura (de modo que si se detuviera en este momento la contaminación, durante años continuaría creciendo inexorablemente).

Con respecto a las bolsas de plástico, son confundidas por los animales marinos como medusas, y al ser engullidas provocan letales efectos secundarios. Pero los alcances de esto son de un carácter impredecible. El Sol gradualmente va fraccionando el plástico de modo que a la larga, partículas microscópicas son consumidas por los peces y mariscos, que al ser pescados, tienen sustancias inimaginables en la carne que los seres humanos consumimos en una forma inconsciente. Además tienen altas concentraciones de sustancias muy tóxicas como Bifenilos policlorados (uno de los 12 elementos contaminantes más peligrosos producidos por los humanos), insecticidas que nunca se degradan como el DDT e hidrocarburos aromáticos policíclicos, que son sustancias con una alta capacidad para inducir mutaciones, tumores cancerosos y malformaciones congénitas.

Otro aspecto que recientemente acaban de describir científicos que estudian la basura en el agua, gira en torno a parásitos marinos que, adheridos al plástico viajan a lugares fuera de su hábitat, provocando cambios totalmente imprevisibles.

Muchas cosas pueden decirse de esta catástrofe ambiental, pero ahora lo más importante es llevar a cabo estrategias para detener nuestra irracional utilización de plástico. Algunos consejos que debemos aplicar es evitar la utilización de bolsas. No comprar productos envasados en súper mercados y adquirir las verduras en los típicos mercados o tianguis sin que estén empaquetados. Evitar las bebidas embotelladas en plástico y sustituir las botellas por cantimploras o contenedores. No consumir jugos envasados y elegir los naturales, de acuerdo a la estación. Finalmente es determinante establecer medidas de separación de basura, juntando el plástico en un solo lugar.

Habrán quienes piensen que estas medidas son extremas; sin embargo, las imágenes de la isla de basura impactan tanto que cualquier estrategia por

enérgica que sea, toma tintes de impotencia. Necesitamos urgentemente divulgar este problema. Somos agua y los océanos representan la sangre del planeta. Si no cambiamos nuestras conductas, no solamente provocaremos la extinción de nuestra especie sino que además corremos el riesgo de aniquilar injustamente, toda forma de vida en la tierra. s

Referencia: www.projectkaisei.org

jgar.med@gmail.com

BAÑOS DE CIENCIA EN LA CASA DE LA CIENCIA DE ATlixco

20 AGOSTO
Drones autónomos inteligentes
José Martínez Carranza
Alfredo Cabrera Ponce y
Roberto Munguía Silva/INAOE

10 SEPTIEMBRE
Anfibios y reptiles de México
Constantino Villar Salazar y
Tania Saldaña Rivermar/Tras las huellas de la naturaleza

15 OCTUBRE
El hogar de las estrellas
María de la Luz Ramírez Patiño/INAOE

12 NOVIEMBRE
Circuitos eléctricos
Daniela Ingrid Flores Islas/BUAP-INAOE

10 DICIEMBRE
Mapas y robots
Daniel Macencahua Mora
/HIPERCUBO-BUAP

ENTRADA LIBRE

Talleres de ciencia para niños

Edad: 6 a 12 años
Horario: Sábado 11:00h
Lugar: Museo "Casa de la Ciencia"
3 poniente 1102, Col. Centro, Atlixco

Mayor información:
Difusión Científica
<http://www.inaoep.mx/>
difusion@inaoep.mx
Tel: 01 (222) 266 31 00 ext.7010-7017

Omar López-Cruz

EL DÍA QUE TONANTZINTLA CERRÓ EL UNIVERSO: SEGUNDA PARTE

Corre el año de 1965. Allan Sandage se encuentra en el pináculo de su carrera científica. Para entonces, la atención en los medios de comunicación se ha vuelto una tentación irresistible para los astrónomos del Observatorio de Palomar.

El Observatorio de Palomar albergó los telescopios más grandes del mundo. Construir un espejo de 5 m de diámetro fue un gran reto tecnológico. Las soluciones que fueron alcanzadas para este telescopio, en cuanto a la montura, el domo y el control electrónico, le dieron el nombre de la máquina perfecta. Los materiales normalmente usados hasta entonces, no servirían para construir un espejo con tan sorprendente tamaño. Las flexiones y deformaciones en el espejo, causadas por cambios de temperatura se saldrían de control y causarían el desenfoque de la óptica. Al frente de este proyecto estaba George E. Hale, quien se vio forzado a buscar un nuevo material para la construcción de espejos astronómicos. Dio con el pirex, el mismo material de los utensilios de vidrio que podemos usar para hornear. Se necesitarían 14.5 toneladas de este nuevo material y un diseño novedoso en la estructura, para generar el espejo más grande jamás construido. Afortunadamente, el gran desarrollo industrial de EE. UU. después de la Segunda Guerra Mundial brindó el soporte tecnológico imprescindible para el éxito de la empresa. Inaugurado en 1948, el 5 m de Palomar fue el telescopio óptico más grande del mundo hasta 1993.

Los astrónomos que tienen acceso al telescopio de 5 m son miembros de una secta. El oficio es desentrañar los misterios más profundos del universo. Sandage apareció en la revista *Fortune*, mostraba una sonrisa confiada. Los hogares americanos lo considerarían el cosmólogo de moda. Mientras tanto, del otro lado de la frontera demarcada por el Río Bravo, estaba el México que se abría paso hacia la modernidad. En el Observatorio Astrofísico de Tonantzintla, en Puebla, Guillermo Haro y sus colaboradores han refinado la técnica de las tres imágenes para la búsqueda de objetos azules con la Cámara Schmidt. El espejo es de 77 cm, llegó a ser la segunda más grande del mundo. Este tipo de telescopios permite el registro de grandes regiones del cielo. La Schmidt de Tonantzintla podía cubrir un área de 10 por 10 veces el diámetro angular de la luna, sobre una placa fotográfica. El espejo de la Cámara Schmidt fue diseñado y pulido por la compañía Perkin-Elmer. George Z. Dimitroff viajó a Tonantzintla a supervisar la instalación de la Cámara. Con todo esto, llevó más de cinco años a los astrónomos mexicanos poner este importante telescopio a punto.

La técnica desarrollada por Haro es una demostración ingeniosa del uso de recursos limitados. Las placas fotográficas fabricadas por Kodak eran costosas, Haro no se podía dar el lujo de estarlas desperdiciando. Calibró las exposiciones de tal manera que una estrella azul tenga la misma intensidad en los tres filtros que usa: azul, amarillo y rojo. Un objeto es muy azul, aparecerá más intenso en filtro azul que en los otros, mientras que si el objeto es rojo, aparecerá más intenso en dicho filtro. La placa fotográfica era un medio muy caprichoso. Después de horas de exposición en el telescopio, la batalla apenas comenzaba. Era en el cuarto oscuro donde se ganaba o se perdía. El revelado de las placas fotográficas se debía hacer con cuidado. En plena oscuridad se agitaba la bandeja, que contenía el revelador, por las esquinas. Siguiendo un patrón aleatorio para hacer un revelado homogéneo. Luego se pasa la placa a la bandeja que contendía el fijador para detener las reacciones de revelado. Era difícil, lograr que dos placas tuviesen la misma calidad, los químicos se iban degradando y la persona en el cuarto oscuro se cansaba. Haro decidió tomar las tres imágenes en la misma placa, lo único que hacía era cambiar el filtro y mover un poco el apuntado del telescopio. De esta



▲ Cámara Schmidt de Tonantzintla
▼ Cámara Schmidt de Palomar, imagen tomada de
<http://www.astro.caltech.edu/palomar/about/telescopes.html>

forma se tenían tres imágenes contiguas del mismo objeto, en la misma placa, con revelado en condiciones similares. En otros observatorios tomaban tres placas con cada filtro, luego se comparaban para encontrar a los objetos más azules. Haro y sus colaboradores lograban encontrar objetos azules con gran rapidez y con menos problemas de confusión. Haro ayudado por Enrique Chavira y Braulio Iriarte usando la técnica de los tres colores lograban el doble de eficiencia que sus competidores.

El doctor Manuel Peimbert, investigador emérito del Instituto de Astronomía de la UNAM, era estudiante de preparatoria cuando comenzó a colaborar con el doctor Haro a finales de los 50s. El joven Peimbert en sus visitas a Tonantzintla descubriría numerosas nebulosas planetarias. El doctor Perimbert también recuerda que el doctor Haro tenía un ojo muy bien calibrado. Haro podía estimar la magnitud de los objetos con gran precisión, le podrían mostrar imágenes tomadas en diferentes épocas, Haro siempre daba valores muy cercanos. La precisión de Haro era superior a la de su colega Jacobs Luyten, quien en un principio competía con Haro, pero luego se volverían grandes colaboradores. Haro y Luyten obtuvieron acceso a la cámara Schmidt de Palomar, la cual, con un espejo de 1.2 m, era la más grande del mundo. Observaron usando la técnica de los tres colores y realizaron el catastro más exhaustivo de objetos azules más completo hasta el momento. Los resultados fueron publicados en el Boletín de los Observatorios de Tonantzintla y Tacubaya en 1962. Ya siendo estudiante universitario, el doctor Peimbert colaboró en la generación

del artículo de Haro y Luyten, generando las tablas que contenían un total de 8,756 objetos azules. La tabla se generó usando tarjetas perforadas, procesadas con la primera computadora traída a México, una IBM 650.

Sandage ha perdido la carrera para desentrañar el misterio de los cuásares. Inicialmente se encontró que los cuásares son fuentes de radio, muy potentes. Cuando los telescopios ópticos se tornaron hacia ellos se encontró que éstos aparecían como fuentes puntuales, como si fueran estrellas, de allí el nombre de cuasi-estrella: cuasar. Sin embargo, al descomponer la luz y generar un espectro, los cuásares resultaban muy poco familiares: no presentaban espectro de estrella, ni de nebulosa. Sandage no le encontró sentido. Nadie. El problema de los cuásares llamó la atención de otros astrónomos incluyendo uno de los maestros de Sandage, el doctor Jesse Greenstein. Pero fue Martin Schmidt del Instituto Tecnológico de California quien resolvió el problema en 1963. Sandage sintió que moría; había estado trabajando con tesón en el problema. Schmidt encuentra que el objeto 3C 273 las líneas de los elementos conocidos aparecen desplazadas hacia el rojo, es decir hacia longitudes de onda mayores. Greenstein había dado con la misma explicación, pero no pudo creer que un objeto se alejase con una velocidad de 47 000 km/s. No se conocía ningún objeto que se moviese con esa velocidad. Si la expansión del universo era aceptada; entonces, estos objetos eran los más lejanos y más luminosos jamás vistos, equivalente a más de 100 veces el brillo de los 100 mil millones de estrellas de nuestra galaxia. Eran objetos realmente extraordinarios. Fue Fred Hoyle quien propuso que si el brillo no lo proporcionaban las mismas reacciones nucleares que se dan en el interior de las estrellas, entonces tenía que ser la gravedad. Los agujeros negros entraron en escena.

Continuará...S

El inicio de esta historia se encuentra en:

<http://saberesciencias.com.mx/2013/03/04/el-dia-que-tonantzintla-cerro-el-universo-el-inicio/>

omarlx@inaoep.mx ✉

Tania Saldaña Rivermar y Constantino Villar Salazar • Ilustración: Diego Tomasini / Dibujo

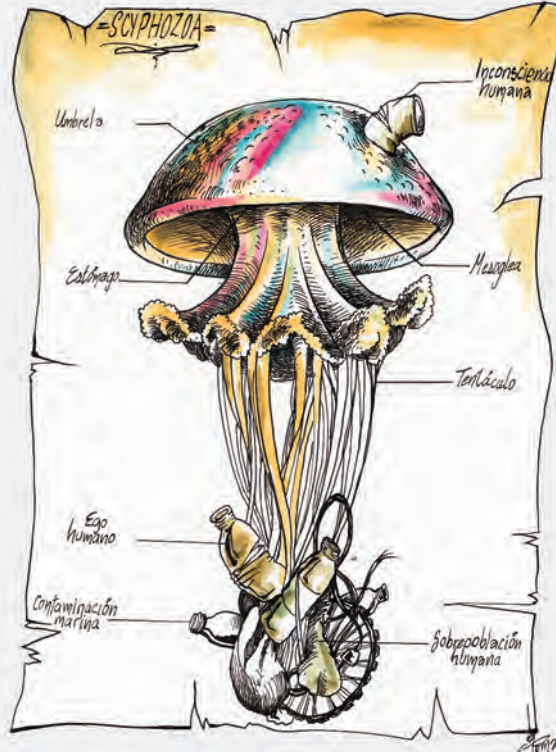
Regularmente cuando escuchamos la palabra mar, lo primero que viene a nuestra mente es sol, arena y diversión, sin darnos cuenta de la importancia biológica y ecológica que conlleva esta palabra. Los ecosistemas marinos son uno de los más importantes en el planeta, ya que nos proveen de servicios ambientales, como la regulación del clima, protegen las costas, generan equilibrios ecológicos, permiten la extracción de petróleo, gas y sal, además de tener un valor estético, científico y recreativo.

Este tipo de ecosistemas aloja una gran biodiversidad, debido a la variedad de formas de vida que en ellos habitan, haciéndolos llamativos para su estudio. A los mares los podemos clasificar en dos grandes regiones: la zona pelágica y la zona bentónica, en cada una de estas zonas habitan especies con características muy peculiares. Las medusas a pesar de la sencillez de su anatomía han logrado vivir desde hace 500 años, esto las hace interesantes, no sólo por la parte histórica y evolutiva, sino también por la ecológica.

Las medusas pertenecen al *phylum cnidaria* y las podemos clasificar en tres grupos: *Hydrozoa*, *Scyphozoa* y *Cubozoa*. La característica principal de los tres grupos, es que presentan una forma de campana o platón invertido, además que el número de tentáculos es variable. Dentro de su cuerpo contienen una sustancia gelatinosa llamada mesoglea, la cual da volumen al cuerpo. La mayor parte de su cuerpo está constituido por agua, casi en un 95 por ciento. La única cavidad corporal que presentan lleva a cabo una doble función, la de sistema digestivo y excretor. Además de la sencillez del cuerpo que las caracteriza, poseen una red neuronal con estructuras sensibles que les permite medir las variaciones de luz.

Las podemos encontrar en casi todo el mundo, ya que han podido adaptarse a aguas poco profundas o de grandes

Una mirada al mar



profundidades, así como en aguas dulceacuícolas. Las medusas se alimentan de zooplancton, el cual está conformado principalmente por huevos y larvas de peces, así como de una variedad de moluscos. Los tentáculos están formados por cientos de células

llamadas nematocitos, las que al activarse permiten a las medusas cazar a sus presas e inyectarles veneno. Estudios en laboratorio han demostrado que el veneno que poseen las medusas lo podemos clasificar en péptidos, los cuales están constituidos por aminoácidos y en hemolisinas. El primero destruye a las células dérmicas, provocando la muerte de los tejidos de la piel. El segundo se ha comprobado que destruyen a los glóbulos rojos de la sangre, provocando daño en los riñones. Sin embargo, no todo es malo, también se ha comprobado que los venenos pueden ser usados como terapéuticos, ya que reducen la aparición de tumores cancerígenos.

En México hasta el momento se han registrado 172 especies de medusas, de las cuales 153 pertenecen a la clase *Hydrozoa*, 16 *Scyphozoa* y tres *Cubozoa* y sólo 11 especies de las 172, poseen venenos de alta toxicidad.

Al igual que otras especies marinas, las medusas desempeñan un papel ecológico importante en los ecosistemas acuáticos, ya que son importantes en el reciclado de nutrientes como nitrógeno, carbono y fósforo. Por otro lado muchas especies de medusas son el alimento de otras especies de peces y de tortugas. Además que en países como China y Japón son consumidas por los humanos.

Lamentablemente no todo es color de rosa, la contaminación que hoy en día hay en nuestros mares es alarmante, esto ha traído como consecuencia que se alteren los ciclos biológicos en estos ecosistemas, poniendo en riesgo de desaparecer no solo a las medusas, sino también al resto de plantas y animales que ahí habitan. ☞

@helaheloderma

Tras las huellas

traslashuellasdelanaturaleza@hotmail.com ✉

El pelícano onírico

Julio Glockner

Aguas primigenias

“ Agua, eres la fuente de toda cosa y de toda existencia”, se dice en un texto indio de tradición védica. “Las aguas son los cimientos del mundo entero”, “son la esencia de la vegetación”, “el elixir de la inmortalidad”, “las aguas aseguran larga vida, fuerza creadora y son el principio de toda curación”, continúan diciendo los textos védicos, según lo refiere Mircea Eliade, quien afirma que las aguas simbolizan la sustancia primordial.

Es bien conocida la asociación agua-mujer-luna como un circuito cósmico que propicia la fertilidad humana y vegetal. Me voy a permitir una analogía herética pensando en el agua primigenia. Si el hombre fue creado a imagen y semejanza de Dios, según lo establece el Génesis bíblico, y los humanos todos nos creamos en un ambiente acuático en el seno materno, Dios no está exento de esta gestación hídrica, pues existió Él también, en el tiempo sin tiempo, en una especie de matriz cósmica acuática, según lo establece el mismo texto bíblico: “En el principio creó Dios el cielo y la tierra. Y la tierra estaba desnuda y vacía, y las tinieblas estaban sobre la haz del abismo: y el Espíritu de Dios era llevado sobre las aguas.” Sobre esas mismas aguas originarias, en otro mito, ahora mesoamericano, caminaba Tlaltecuhli, un enorme monstruo con ojos y bocas en las coyunturas. Se desplazaba sobre esas aguas, “que nadie sabe quién creó” dice el mito nahua, cuando dos dioses creadores, Quetzalcóatl y Tezcatlipoca, transformados en serpientes cósmicas, atraparón al monstruo del brazo izquierdo y la pierna derecha, y del brazo derecho y la pierna izquierda y tirando con fuerza lo partieron por la mitad. Una de esas mitades fue elevada para crear el cielo y la otra permaneció en lo bajo para crear la tierra. Descendieron sobre ella los dioses y ordenaron que de ella salieran todos los frutos necesarios para la vida de los humanos. Fue así que de sus cabellos brotaron árboles, flores y yerbas; de su piel las yerba y las flores más delicadas; de sus ojos los pozos y las fuentes y las pequeñas cuevas; de su boca las cavernas grandes y profundas; de la nariz las montañas y los valles...

No lo dice el mito, pero se deduce de la cosmovisión de los antiguos mexicanos, que esa agua primordial rodeó el cuerpo-tierra de Tlaltecuhli para crear el Cemanáhuac, el mundo mítico de los nahuas con un centro terrestre donde se desarrolla toda vida vegetal y animal, rodeada siempre del agua que la nutre. Del cuerpo mismo de Tlaltecuhli brotó la vida en las más variadas formas, sobre ese cuerpo se cultivó el maíz y todas las verduras y frutos que existen para el mantenimiento de los humanos, por eso se le rinde culto y se le ofrecen las primicias, los primeros frutos que de ella se obtienen, por eso se le habla, se le pide, se le agradece y se le considera como lo que el mito indica que es: un ser vivo.

En todas las culturas de todos los tiempos, exceptuando los modernos, el agua ha sido deificada al reconocer en ella todas las cualidades vitales. Los antiguos mexicanos le rendían culto en la figura de Tláloc, deidad de las aguas celestes que descendían bajo la forma de lluvia, o en la ima-

gen de Chalchiutlicue, la diosa de las aguas terrestres, de los lagos, los ríos y las corrientes subterráneas, los manantiales y los ojos de agua, o en la figura de Uixtocíhuatl, deidad secundaria de la que poco se sabe. Fray Bernardino de Sahagún dice que los sabios indígenas se referían a ella como hermana menor de los Tlaloque, dioses del agua, y que “por cierta desgracia que hubo entre ellos”, la

desterraron a las aguas saladas y que ahí inventó la sal.

Sólo el mundo moderno, corrompido y mercantilizado hasta la locura, tiene un demencial desprecio por el agua, la ensucia, la desperdicia, no tiene consideración alguna con ella y sólo la purifica para hacer grandes negocios. El mito judeocristiano escrito en La Biblia da cuenta del impertinente mandato divino al crear la primera pareja que habitó la tierra. Dijo Dios a Adán y Eva: “Creced y multiplicaos y henchid la tierra y sojuzgadla, y tened señorío sobre los peces de la mar y sobre las aves del cielo y sobre todos los animales que se mueven sobre la tierra” (Génesis, I- 28) El mundo desacralizado de la modernidad, que ha expulsado a las deidades de su imaginario, dejando una naturaleza cosificada, ha cumplido cabalmente con este mandato utilitario. No hay deidades en la naturaleza que merezcan consideración alguna, como consideración merecían en el mundo antiguo los elementos en que esas deidades habitaban, porque eran y son lo mismo, pero esto sólo ocurría en las sociedades pre modernas, en el capitalismo oligofrénico en que vivimos hoy sólo hay agua, tierra y aire al servicio del hombre, según el ordenamiento del Dios judeocristiano.

Termino recordando un poema de mi querido amigo Luis Riestra, que imagino sentado a la izquierda de Dios Padre, bebiendo lentamente sorbos de agua mineral con ron.

Agua

Me gustaría contarles
La desolada tristeza
del agua primogénita
que no tenía sueños ni palabras
ni la habían comentado las estrellas.
Agua filtro de agua
elemento sin nidos
agua niña para la soledad del mundo
y el cansancio de Dios.
Primerísimo vaso, madre mía
sólo la magia es tu vocera
pero cuenta, tan sólo dilo
¡De qué manera hiciste el mar!

julioglockner@yahoo.com.mx ✉

Efemérides



José Ramón Valdés

Calendario astronómico

Julio 2016

Las horas están expresadas en Tiempo Universal (UT)

Junio 03, 06:24. Saturno en oposición. Distancia geocéntrica: 1.01675 U.A. Luna en perigeo. Distancia geocéntrica: 365,983 km. Iluminación de la Luna: 13.6%.

Julio 02, 16:07. Mercurio en el perihelio. Distancia heliocéntrica: 0.3075 U.A.

Julio 04, 11:01. Luna Nueva. Distancia geocéntrica: 371,872 km.

Julio 04, 16:24. La Tierra en el afelio. Distancia heliocéntrica:

1.01675 U.A.

Julio 07, 03:10. Mercurio en conjunción superior. Distancia geocéntrica: 1.32921 U.A.

Julio 11, 01:50. Venus en el perihelio. Distancia heliocéntrica: 0.71845 U.A.

Julio 12, 00:51. Luna en Cuarto Creciente. Distancia geocéntrica: 403,371 km.

Julio 13, 05:24. Luna en apogeo. Distancia geocéntrica: 404,269 km. Iluminación de la Luna: 61.3%.

Julio 14, 17:30. Marte a 7.2 grados al Sur de la Luna en la constelación de la Libra. Configuración visibles hacia la parte Sur de la esfera celeste desde las primeras horas de la noche. Elongación del planeta: 121.5 grados.

Julio 19, 22:56. Luna Llena. Distancia geocéntrica: 384,828 km.

Julio 26, 22:59. Luna en Cuarto Menguante. Distancia geocéntrica: 369,734 km.

Julio 27, 11:36. Luna en perigeo. Distancia geocéntrica: 369,662 km. Iluminación de la Luna: 44.1%.

Julio 28. Lluvia de meteoros Piscis Austrínicas. Actividad del 15 de julio al 10 de agosto, con el máximo el 28 de julio. La taza horaria es de 5 meteoros. El radiante se encuentra en la constelación de Piscis Australis con coordenadas de AR=341 grados y DEC=-30 grados.

Julio 30. Lluvia de meteoros Alfa-Capricórnidas. Actividad del 3 de julio al 15 de agosto, con el máximo el 30 de julio. La taza horaria es de 5 meteoros. El radiante se encuentra en la constelación de Capricornio con coordenadas de AR=307 grados y DEC=-10 grados.

Julio 30. Lluvia de meteoros Delta-Acuáridas. Actividad del 12 de julio al 23 de agosto, con el máximo el 30 de julio. La taza horaria es de 16 meteoros. El radiante se encuentra en la constelación de Acuario con coordenadas de AR=340 grados y DEC=-16 grados.

✉ jvaldes@inaoep.mx

Reseña (incompleta) de libros

Siete breves lecciones de física

Alberto Cordero

Prefacio

Estas lecciones se han escrito pensando en quienes desconocen la ciencia moderna o la conocen poco. En conjunto, componen una rápida panorámica de algunos aspectos más relevantes y fascinantes de la gran revolución acaecida en la física del siglo XX, y, sobre todo, de las cuestiones y misterios que dicha revolución ha planteado.

Lección primera: La teoría más hermosa

De joven, Albert Einstein pasó un año entero haraganeando ocioso. Si no se pierde el tiempo no se llega a ningún sitio, algo que los padres de los adolescentes olvidan a menudo. Estaba en Pavia. Había vuelto con su familia tras dejar los estudios en Alemania, donde no soportaba el rigor del Instituto. Era a comienzos de siglo, y en Italia se iniciaba la Revolución Industrial. Su padre, que era ingeniero, instalaba las primeras centrales eléctricas en la llanura del Po. Albert leía a Kant y a ratos perdidos asistía a clases en la Universidad de Pavia: por diversión, sin matricularse ni hacer exámenes. Es así como se llega a ser científico en serio.

Luego de matricularse en la Universidad de Zúrich se sumergiría en la física. Pocos años después, en 1905, enviaba tres artículos a la principal revista científica de la época, los *Annalen del Physik*. Cada uno de los tres era digno de un Premio Nobel. El primero mostraba que los átomos existen. El segundo abría la puerta a la mecánica de los cuantos, de la que hablaré en la próxima lección. El tercero presentaba su primera teoría de la relatividad (hoy llamada "relatividad especial"), la teoría que explica que el tiempo no transcurre igual para todos; dos gemelos se encuentran con que ya no tienen la misma edad si uno de ellos ha viajado a gran velocidad.

Einstein se convierte de repente en un científico de renombre y recibe ofertas de trabajo de varias universidades. Pero algo lo turba su teoría de la relatividad, por muy célebre que se haya hecho de inmediato, no cuadra con cuanto sabemos sobre la gravedad, es decir, acerca de cómo caen las cosas. Se da cuenta de ello escribiendo una reseña sobre su teoría, y se pregunta si la vetusta y rimbombante "gravitación universal" del gran padre Newton no debería ser revisada a su vez a fin de hacerla compatible con la nueva relatividad. Se sumerge en el problema. Harán falta 10 años para resolverlo. 10 años de enloquecidos estudios, tentativas, errores, confusión, artículos equivocados, ideas fulgurantes, ideas erróneas... Por fin, en noviembre de 1915, da a la imprenta un artículo con la solución completa: una nueva teoría de la gravedad, a la que da el nombre de "teoría general de la relatividad", su obra maestra. La "teoría científica más hermosa", la denominaría el gran físico ruso Lev Landau.

Hay obras maestras absolutas que nos emocionan intensamente: el Réquiem de Mozart, la Odisea, la Capilla Sixtina, El rey Lear... Para captar todo su esplendor quizá debamos realizar cierto aprendizaje. Pero el premio es la pura belleza. Y no sólo eso: también que nuestros ojos se abran a una nueva mirada al mundo. La relatividad general, la joya de Albert Einstein, es una de ellas.

Newton trató de explicar la razón por la que las cosas caen y los planetas giran. Imaginó una "fuerza" que tira de todos los cuerpos unos hacia otros: la llamó "fuerza de

gravedad". Cómo hacía esa fuerza para tirar de cosas que estaban lejos unas de otras, sin que hubiera nada en medio, era algo que no nos era dado saber, y el gran padre de la ciencia guardó cautelosamente de aventurar hipótesis. Newton también imaginó que los cuerpos se movían en el espacio, y que el espacio era un gran contenedor vacío, una gran caja para el universo. Una inmensa estantería en la que los objetos discurren en línea recta hasta que una fuerza los hace curvarse. De qué estaba hecho ese "espacio", contenedor del mundo, inventado por Newton, era algo que tampoco nos era dado saber.

Einstein se sentirá fascinado ya de muchacho por el campo electromagnético, que hace girar los rotores de la centrales eléctrica que construye papá, y pronto comprende que también la gravedad, como la electricidad, debe ser transportada por un campo: ha de existir un "campo gravitatorio", análogo al "campo eléctrico", e intenta entender cómo puede estar constituido dicho campo gravitatorio y qué ecuaciones pueden describirlo.

Y aquí llega la idea extraordinaria, el puro genio: el campo gravitatorio no está difundido en el espacio: el campo gravitatorio es el espacio. Ésa es la idea de la teoría de la relatividad general.

El "espacio" de Newton, en el que se mueven las cosas, y el "campo gravitatorio", que transporta la fuerza de gravedad, son la misma cosa.

Es una revelación. Una impresionante simplificación del mundo: el espacio ya no es algo distinto de la materia, es uno de los componentes "materiales" del mundo. Una entidad que ondula, se dobla, se curva, se tuerce. No estamos contenidos en una invisible estantería rígida: nos hallamos inmersos en un gigantesco molusco flexible. El Sol dobla el espacio en torno a sí, y la Tierra no gira a su alrededor atraída por una misteriosa fuerza, sino porque discurre en línea recta en un espacio que se inclina. Como una bolita que rodara en un embudo: no hay "fuerzas" misteriosas generadas por el centro del embudo; es la propia naturaleza curva de las paredes la que hace girar la bolita. Los planetas giran alrededor del Sol y las cosas caen porque el espacio se curva. ☾

Lección segunda: Los cuantos...

Lección tercera: La arquitectura del cosmos...

Lección cuarta: Partículas...

Lección quinta: Granos de espacio...

Lección sexta: La probabilidad, el tiempo y el calor de los agujeros negros...

Para terminar: nosotros.

Carlo Rovelli es físico teórico, y uno de los fundadores de la llamada "gravedad cuántica de bucles". Responsable del equipo de gravedad cuántica del Centro de Física Teórica de la Universidad Aix-Marsella, es autor de numerosos trabajos científicos aparecidos en las revistas más importantes de su ámbito.

Carlo Rovelli,
Siete breves
lecciones de física,
Traducción de
Francisco J. Ramos
Mena, Editorial
Anagrama (2016).

Miguel Chávez Dagostino y Emanuele Bertone

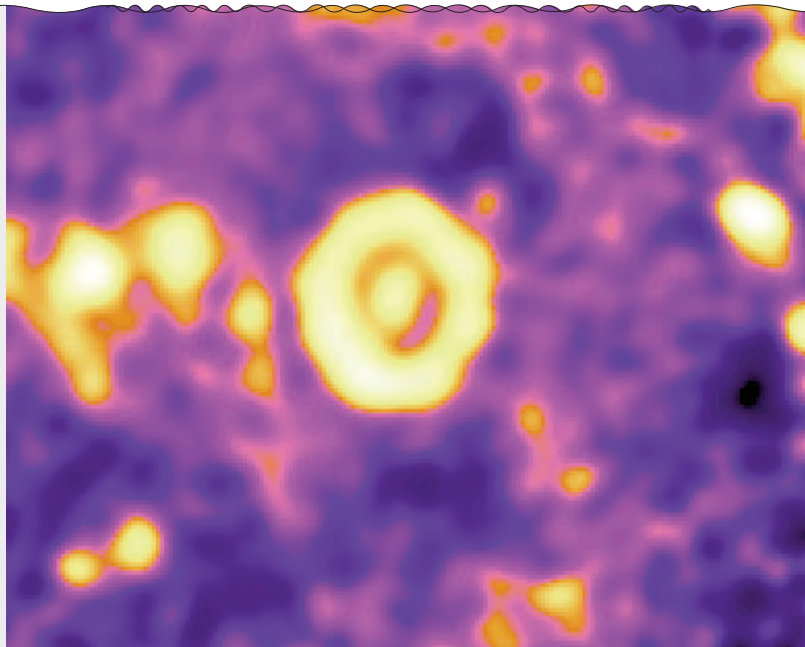
Épsilon Eridani es la estrella aislada similar al Sol más cercana a nuestro sistema planetario. Se trata de un objeto celeste con masa y temperatura superficial ligeramente menor que el Sol que se encuentra en la dirección de la constelación de Eridanus, a una distancia de poco más de 10 años luz, es decir, la distancia que recorre la luz en 10 años a una velocidad de 300,000 kilómetros por segundo. Por su cercanía, su atractivo nombre, el hecho que es muy parecida al Sol y la posible presencia de hasta dos planetas orbitando a su alrededor, Épsilon Eridani no solo ha sido objeto de detallados estudios teóricos y observacionales, sino que se ha incluido en numerosas obras de ciencia ficción como la trilogía de *La Fundación*, de Isaac Asimov, la estrella del planeta Reach en el videojuego HALO o la posible estrella madre del planeta Vulcano, donde nació el famoso Señor Spock del programa televisivo y cinematográfico *Viaje a las Estrellas*.

Apuntando el Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (GTM) hacia la estrella Épsilon Eridani y sus alrededores hemos captado las imágenes más profundas en longitudes de onda milimétricas jamás obtenidas en este campo con un telescopio de este tipo. El proyecto es una colaboración entre astrónomos de México, Australia, Estados Unidos, Reino Unido, Chile y España.

El GTM, situado a 4600 metros sobre el nivel de mar en la cima del volcán Sierra Negra, en el estado de Puebla, México, es una enorme antena de 50 metros de diámetro capaz de percibir la luz que emana de cuerpos celestes extremadamente fríos.

La imagen obtenida muestra con claridad el anillo de polvo y planetesimales que rodean a la estrella Épsilon Eridani e indica que el anillo circuestelar, análogo del Cinturón de Kuiper de nuestro Sistema Solar, se encuentra a una distancia de unos 10 mil millones de kilómetros de la estrella, más o menos el doble de la distancia entre Neptuno y el Sol. Las excelentes prestaciones de sensibilidad y resolución espacial del GTM y la asombrosa transparencia atmosférica en el sitio se conjuntan para distinguir que el anillo de polvo no presenta fluctuaciones significativas en su brillo y por tanto rebata la presencia de un planeta de las dimensiones de Neptuno orbitando a una distancia de aproximadamente 40 veces la distancia que separa a la Tierra del Sol.

En 1983 el Satélite Astronómico Infrarrojo (IRAS, por sus siglas en inglés) descubrió en Épsilon Eridani y en otras tres estrellas, el hasta entonces desconocido exceso de luz infrarroja que, ahora se sabe, prevalece en aproximadamente el 20 por ciento de estrellas similares al Sol y aun en otras de más alta temperatura. Después de estudios detallados se verificó que se trataba de la presencia de algo similar a lo que los astrónomos llaman “polvo interestelar”, un material compuesto principalmente de carbono y silicio. El origen de este polvo no estaba claro. Si bien los procesos físicos asociados a la formación estelar involucran la presencia de un disco o anillo denso y masivo (de hasta 1 masa solar) de material alrededor de la estrella madre, se espera que en tiempos relativamente breves, de aproximadamente 10 millones de años, estos discos desaparezcan por efecto de la propia luz emitida por la estrella. Por este motivo se tuvieron que proponer mecanismos alternativos para explicar la presencia de estos discos en estrellas relativamente viejas. En la actualidad se acepta la teoría de que el polvo alrededor de estrellas maduras, como Épsilon Eridani de “apenas” 800 millones de años de edad, se forma a partir de colisiones entre planetesimales e inclusive de impactos a escalas planetarias a través de procesos como el que dio origen a nuestra Luna, es decir, el impacto de un planeta de las dimensiones de Marte con la Tierra recién formada.



EL GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO explora el sistema planetario del Señor Spock

Debido a las temperaturas extremadamente bajas del material que forma estos anillos, alrededor de 220 grados centígrados bajo cero, sólo pueden ser observados con telescopios con capacidad de coleccionar la luz infrarroja y (sub)milimétrica. En el caso particular de Épsilon Eridani las primeras observaciones en la ventana sub-milimétrica se llevaron a cabo en 1998 con la cámara llamada SCUBA en el Telescopio James Clerk Maxwell de Hawaii. En estos primeros estudios se encontró que el disco de polvo frío presentaba inhomogeneidades, las cuales fueron atribuidas a la presencia de un planeta de las dimensiones de Neptuno que perturba el material del anillo. Algunas observaciones posteriores con otros telescopios impugnaron este hallazgo, otras lo confirmaron. Este debate fue precisamente la principal motivación de nuestras observaciones con el GTM; *verificar o refutar la presencia de regiones de alta densidad en el polvo del disco y en consecuencia la presencia de un planeta gigante*.

Las observaciones con el GTM se llevaron a cabo utilizando una cámara muy sensible, AzTEC, capaz de detectar el polvo frío a longitudes de onda de 1.1 mm. En total se apuntó el telescopio durante más de 18 horas en la fuente, cuando las condiciones atmosféricas en

el sitio del GTM, el volcán Sierra Negra (Puebla, México) a 4600 metros sobre el nivel del mar, fueron excepcionales. El resultado fue un impresionante mapa en el cual se distingue nítidamente, y por primera vez, el anillo completo de polvo alrededor de la estrella. Esta imagen permitió constatar que, dentro de las incertidumbres de nuestras observaciones, el anillo de polvo no presenta irregularidades. Además se detectaron la emisión de la atmósfera de la estrella y la luz milimétrica proveniente de otro anillo muy cercano a la estrella, a una distancia de tres veces aquella que separa la Tierra del Sol, que es de 150 millones de kilómetros y que se denota como Unidad Astronómica (UA).

Con respecto al anillo de polvo frío las observaciones del GTM permitieron precisar algunos parámetros. El anillo presenta una inclinación de unos 30 grados con respecto al plano del cielo y su radio resultó ser de aproximadamente unas 65 UA, similar al Cinturón de Kuiper de nuestro Sistema Solar. De acuerdo con nuestra imagen, el anillo no puede ser más ancho de 35 UA. Otros dos aspectos que resaltan en nuestro estudio son la detección de emisión entre el anillo y la estrella que podría provenir de material “de paso” por esta región. Es muy probable que estemos atestiguando, por primera vez fuera del sistema solar, el transporte de polvo frío hacia regiones centrales a través del fenómeno denominado arrastre de Poynting-Roberston. Finalmente, el mapa obtenido muestra la presencia de numerosas fuentes en los alrededores del sistema de Épsilon Eridani. Muchas de ellas no habían sido detectadas anteriormente con ningún otro telescopio. Su naturaleza es aún desconocida, pero muy probablemente se trate de las llamadas Galaxias Sub-Milimétricas (SMG, por sus siglas en inglés), es decir, complejos y enormes sistemas estelares que solo se pueden detectar con telescopios como el GTM y que presentan una prominente formación de nuevas estrellas. Análisis preliminares indican que se podría tratar de galaxias mucho más grandes que nuestra galaxia, la Vía Láctea, situadas a más de 11 mil millones de años luz de nosotros. De verificarse nuestra predicción podríamos estar recibiendo en un mismo campo de observación los detalles de uno de los vecinos más cercanos a nuestro sistema, así como la luz de galaxias jóvenes cuando el Universo tenía apenas el 15 por ciento de su edad actual.

El trabajo se publicará en la prestigiosa revista británica *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. ❧

agenda



La Facultad de Economía invita al curso "Derivados Financieros para Certificación AMIB y Desarrollo Profesional Técnico"
Del 13 de agosto al 29 de octubre de 2016
Inscripciones hasta el mes de junio
Informes: 2 29 55 00 ext. 7802
vinculación.educontinua@gmail.com

La Facultad de Economía invita al 4° Seminario Internacional del CEDES "Desarrollo y Disputas Socio-Territoriales"
Del 10 al 12 de agosto de 2016
Informes: 2 29 55 00 ext. 7802 / vinculación.educontinua@gmail.com

El Centro de Innovación y Competitividad Empresarial invita al Diplomado en Gestión Operativa del Comercio Exterior.
Inicio: 20 de agosto de 2016
Informes e inscripción: 2295500 ext. 2668
Correo: elizabeth.nolasco@correo.buap.mx

La Facultad de Ciencias Físico Matemáticas invita al Tercer Congreso Internacional de Matemáticas y sus Aplicaciones
Del 5 a 9 de septiembre de 2016
Entrada gratis
Informes: 229 55 00 ext. 7552 y en la página web: www.fcfm.buap.mx

La Dirección de Cultura Física Complejo Deportivo Universitario y de Alto Rendimiento invita a sus Cursos de Verano Campamento de verano, Zumba kids, futbol, baloncesto, gimnasia funcional, karate, atletismo, voleibol, tochito bandera, campismo, natación, rugby, tenis, squash, padel y frontón, natación.
Del 11 de julio al 5 de agosto de 2016
Informes: 2 29 55 00 ext. 7102, 7103, 7109 y 7123
y en www.dicufi.buap.mx



Ciclo de conferencias en Casa del Puente: INAOE 45 años

Conferencia para todo público
1 de julio / **La ruta del color** / Juana Medina (INAOE) / 18:30 h.

Baños de ciencia con el GTM Alfonso Serrano en Volcanic Park
Camino San Juan Arcos, Ojo de Agua
Talleres para niños de 6 a 12 años
1 de julio
La oca de la ciencia
Aneel Paredes Salazar (INAOE) / 11:00-13:00 h.

Baños de Ciencia en la Casa del Puente
Talleres para niños de 6 a 12 años
2 de julio
La ruta del color
Juana Medina (INAOE) / 11:00-13:00 h.

Baños de ciencia con el GTM Alfonso Serrano
Centro Cultural Casa de la Magnolia. 2 Sur 302, Colonia Centro.
Cd. Serdán, Puebla
Talleres para niños de 6 a 12 años
2 de julio
La oca de la ciencia
Aneel Paredes Salazar (INAOE) / 11:00-13:00 h.



Baños de Ciencia en Cuautlancingo

Parque recreativo El Ameyal
Calle El Carmen No. 10, Col. Estrellas del Mar. Cuautlancingo, Puebla.
Talleres para niños de 6 a 12 años

9 de julio
Pintando el sol / María de la Luz Ramírez Patiño (INAOE), Aneel Paredes Salazar (INAOE) / 11:00-13:00 h.

Taller de Ciencia para Jóvenes 2016

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica
Tonantzintla, Puebla.
10 al 17 de julio

INAOE en el programa de alfabetización Chignahuapan

22 de julio
Talleres, telescopios, planetario móvil

La ciencia en tu escuela con la AMC

Tlaxcala
25-28 de julio
Conferencias, velada astronómica, talleres

Y si el río de mi amor
se precipita por fragoso terreno,
no importa, no hay río
que no se abra paso
tarde o temprano hacia el mar.

Friedrich Nietzsche
Filósofo (1844 – 1900)

Épsilon

Jaime Cid

BAÑOS DE CIENCIA EN CUAUTLANCINGO

CONACYT 45 aniversario INAOE

<p>9 de julio Pintando el Sol Aneel Paredes y María de la Luz Ramírez INAOE</p>	<p>22 de octubre Ruta al medio ambiente Esteban Mejía GTM-INAOE</p>
<p>27 de agosto Robots y Mapas Daniel Mocencagua HIPERCUBO-BUAP</p>	<p>19 de noviembre Satélites Edgar Juárez INAOE-CRECTEALC</p>
<p>10 de septiembre Mapas de luz Juana Medina INAOE</p>	

ENTRADA LIBRE

Talleres de ciencia para niños
Edad: 6 a 12 años **Mayor información:**
Horario: 11:00h Difusión científica
Lugar: Parque recreativo El Ameyal <http://www.inaoep.mx/difusion@inaoep.mx>
Calle El Carmen No. 10, Col. Estrellas del Mar Tel: 01 (222) 2663100, ext. 7010-7017
Cuautlancingo, Puebla.

[@inaoe_mx](https://twitter.com/inaoe_mx) [inaoe.oficial](https://www.facebook.com/inaoe.oficial)

BAÑOS DE CIENCIA Y LECTURA EN EL MUSEO DE CÓRDOBA

CONACYT 45 aniversario INAOE

<p>27 de agosto Rutas a la lectura Consejo Puebla de Lectura</p>	<p>03 de diciembre Drones autónomos inteligentes José Martínez Carranza Roberto Munguía Silvia Alfredo Cabrera Carranza /INAOE</p>
<p>24 de septiembre Las maravillas de la luz Liliana Villanueva y Rafael Páez Capítulos Estudiantiles de Divulgación OSA/SPIE/INAOE</p>	
<p>22 de octubre Pintando el Sol Carlos Ventura y Héctor Jesús Neri FCFM/BUAP</p>	
<p>19 de noviembre Pirámides inquietas María de la Luz Ramírez Patiño /INAOE</p>	

ENTRADA LIBRE

Talleres de ciencia para niños
Edad: 6 a 12 años **Mayor información:**
Horario: 11:00h María Abdulla
Lugar: Calle 3 No. 305-A, Tel: 271 71 20 967
entre Av. 3 y 5 Col. Centro,
Córdoba, Veracruz.

[@inaoe_mx](https://twitter.com/inaoe_mx) [inaoe.oficial](https://www.facebook.com/inaoe.oficial)