



## Aliadas en la producción de alimentos

Nos hacen más dulce la vida y son las responsables de la polinización de la mayoría de plantas que nos proveen alimentos, pero sus poblaciones han declinado en la última década. ¿Cuáles son las causas? Lea más en pág. 2 y 3

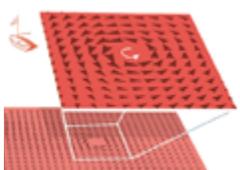
Foto Cenat-UNA



Países acuerdan protección del tiburón sedoso



Gerardo Chaves: La relación exitosa entre una comunidad y las tortugas marinas.



Descubra los misterios de la materia



Columna: Costa Rica sin excusa para proteger tiburones



Las abejas recolectan el néctar de las flores durante el período de floración.



Para transformarlo en miel y sobrevivir durante el invierno (período de escasez).



Al mismo tiempo polinizan las plantas, un proceso indispensable para la producción de, alrededor del 70% de los cultivos que proveen alimento en el mundo.

Sin embargo, factores como



Las enfermedades y parásitos como escarabajo de la colmena y varroa (ácaros)



Plaguicidas y herbicidas, las abejas mueren o no saben cómo regresar a la colmena.



El calentamiento global. El agua de los acuíferos no alcanza los niveles normales (por la alteración de los períodos e intensidad de las lluvias) y las plantas florecen, pero con poco néctar.



Textos: Karol Castro  
Diseño: Rafael Espinoza

La actividad apícola en Costa Rica está en un momento de resurgimiento según algunos especialistas, luego del impacto causado por el ingreso de la abeja africanizada. Hay alrededor de 45 000 colmenas (foto Cinat-UNA).

## Mucho más que miel Abejas, incansables obreras en peligro

Estos pequeños insectos brindan múltiples servicios ambientales, entre ellos la polinización de las plantas, un proceso vital para la producción de la mayoría de los alimentos que consumimos.

Karol Castro Ureña  
karol.castrourena@ucr.ac.cr

Patricia Blanco Picado patricia.blancopicado@ucr.ac.cr

Son pequeñas, pero vitales para 70 tipos de cultivos que proveen alimentos para los humanos; sus productos son conocidos por los beneficios que aportan a la salud y más de uno las recuerda por

ese amargo momento en que sintieron el pinchazo de su aguijón: hablamos de las abejas, insectos aliados a la seguridad alimentaria que se encuentran en peligro por el uso de plaguicidas y el calentamiento global.

Las abejas son fundamentales para el equilibrio de los ecosistemas, ya que son los principales polinizadores de las plantas con flores y son vitales para la producción de alimentos. “Todo lo que son melones, sandías, ayotes y otras plantas no existirían si no hay abejas, y eso que hablamos solo de las abejas africanizadas”, apunta José Fernando Ramírez, investigador del Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales (Cinat) de la Universidad Nacional (UNA).

Las abejas africanizadas o la famosa abeja “que pica” es la que se utiliza para la producción de la miel que se consume

en Costa Rica. Son el resultado del cruce entre la abeja europea –traída por los conquistadores– y la abeja africana, introducida en Brasil por el genetista Warwick Estevam Kerr, durante la búsqueda de especies más resistentes y productivas que sobrevivieran a los climas tropicales.

Son las que más abundan en el continente americano y aunque se adaptan mejor a cambios en su entorno, su ciclo de producción es susceptible a factores como variaciones en el clima, que afectan a su vez los ciclos de floración de las plantas de las cuales obtienen su alimento.

De ellas se extraen la miel, el polen y el propóleo que producen. Este último es una resina con la que “desinfectan” la colmena. “Los humanos están aprendiendo a utilizarlo con fines medicinales, porque es un antibiótico muy potente y natural”, señala Ramírez.

### Insectos en riesgo

Para que una colonia de abejas llegue a desaparecer se requiere que el agente causante del estrés permanezca durante mucho tiempo afectándola. El investigador del Centro de Investigación Apícola y Agroambiental de Marchamalo de España, Mariano Higes, explica en una entrevista al diario *El País* que una colonia es un “superorganismo”; es decir, tiene la capacidad de recuperar la población rápidamente y sustituir a las abejas muertas.

Sin embargo, durante la última década el Síndrome del Colapso de las Colmenas (o de desaparición de las abejas) es cada vez más mencionado por la comunidad científica. Datos del mismo centro de investigación en España apuntan a que en los últimos diez años se han perdido entre el 20 % y el 40 % de todas las colmenas del mundo, aunque todavía no existe una explicación concreta para este fenómeno.

**En los últimos diez años se han perdido entre el 20 % y el 40 % de todas las colmenas del mundo.**

“Antes se hablaba de unas 50 posibles causas del problema, pero ahora se va aterrizando y se habla de químicos, específicamente de los neonicotinoides (insecticidas que afectan el sistema nervioso de las abejas). Este producto hace que la abejita salga, pero luego no sabe cómo regresar, entonces la colmena se va despoblando”, asegura el investigador del Cinat.

El cambio climático es otro factor al que se enfrentan las producciones apícolas en Costa Rica y todo el orbe. Períodos de sequía más prolongados o intensos provocan que los niveles freáticos (aguas subterráneas) no alcancen el nivel normal. En suelos que no cuentan con la humedad suficiente las plantas

# ¿QUÉ PASA CON LAS ABEJAS?



Las abejas recolectan el néctar de las flores durante el período de floración.



Para transformarlo en miel y sobrevivir durante el invierno (período de escasez).



Al mismo tiempo polinizan las plantas, un proceso indispensable para la producción de alrededor del 70% de los cultivos que proveen alimento en el mundo.

Sin embargo, factores como



Las enfermedades y parásitos como el escarabajo de la colmena y la varroa (ácaros).



Plaguicidas y herbicidas: las abejas mueren o no saben cómo regresar a la colmena.



El calentamiento global. El agua de los acuíferos no alcanza los niveles normales (por la alteración de los períodos e intensidad de las lluvias) y las plantas florecen, pero con poco néctar.



Textos: Karol Castro  
Diseño: Rafael Espinoza

Pueden ser causas del **"Síndrome del Colapso de las Colmenas"**, o de la desaparición de las abejas y la reducción de sus poblaciones a nivel mundial, lo que afecta no sólo a la producción apícola, sino también a la de alimentos para el consumo humano.

florecen, pero sin néctar, lo que limita las posibilidades de las abejas para encontrar alimento.

**“De la buena salud de la colmena depende una buena producción”.**  
**Diego Calderón, apicultor de la zona Los Santos.**

Ante estos problemas y otras como la presencia de la varroa, un ácaro de las abejas, o más recientemente del escarabajo de la colmena en la frontera con Nicaragua, el Cinat ofrece capacitaciones a los apicultores para que puedan adaptarse de mejor forma a estas circunstancias.

Preparar las colmenas antes del período de recolección del néctar y reforestar con especies nativas y atractivas para las abejas son dos recomendaciones que Rodríguez les da a los apicultores.

“También hemos tratado de educar a los productores para que entiendan que cuando hay floración no deben fumigar con químicos, porque la abeja va a andar polinizando y si no muere entonces recolecta un néctar contaminado que lleva a la colmena”, añade el investigador.

De acuerdo con Ana Cubero Murillo, encargada del Programa Nacional Apícola del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa), en la actualidad hay alrededor de 45 000 colmenas en el país. Si bien la mayoría de las empresas apícolas son complemento de otras actividades como la producción de café, Cubero comenta que un 10 % de los apicultores vive solo de esta actividad.

## En armonía con las abejas

Las zonas apícolas del país son las que tienen bien marcado el invierno y el verano, como el Pacífico Central, Guanacaste, el Valle Central y el Pacífico Sur, comenta Rodríguez.

En la zona de Los Santos, por ejemplo, se encuentra la Apícola La Reina, una pequeña empresa familiar cuyo fundador, Manuel Calderón Monge, heredó a sus hijos. La miel de abeja de esta zona se caracteriza por ser unifloral, a base de la flor de café, lo que determina su color ámbar claro y un sabor más suave que otras mieles.

“En este momento estamos concentrados en el cuidado de las abejas para

ver si logramos incrementar la producción de miel en la próxima *floreación* del café, que ocurre por ahí de mayo”, comenta Diego Calderón, quien tras la reciente muerte de su padre asumió la administración de la empresa.

La curación de estos insectos contra enfermedades, la alimentación con jarabe de azúcar y hasta la aplicación de un suplemento vitamínico forman parte de la atención especial que reciben la reina y el resto de miembros de la colmena de abejas. “De la buena salud de la colmena depende una buena producción”, indica el joven apicultor.

Calderón espera que el próximo año la producción de miel mejore, ya que el verano pasado fue muy seco y la escasez de agua afectó a las colmenas. “A falta de polen en las colmenas sacamos un 85 % menos de miel que el período anterior. Este año vemos mejor las cosas”, agrega.

Apícola La Reina ha diversificado su producción para ofrecer al consumidor nacional no solamente miel, sino también otros productos tales como propóleo, polen, cremas, champú, jabones, confites y miel de la abeja Mariola (conocida como María Seca), que tiene propiedades medicinales.

Esta productora apícola es parte de la Asociación de Productores Apícolas

de Los Santos, creada en 1980 y conformada por más de 30 miembros de los cantones de Tarrazú, Dota y León Cortés, con el objetivo de gestionar en forma conjunta asistencia técnica, capacitación y comercialización.

De Apisantos y el Ministerio de Agricultura y Ganadería, por medio de Senasa, los apicultores obtienen apoyo para la compra del azúcar con la que alimentan a las abejas. En el caso de Diego Calderón, este invierte mensualmente alrededor de ₡75 000 en la compra de azúcar para alimentar a 15 colmenas.

Con el respaldo estatal también se logró instalar una sala de extracción y envasado de miel, secado de polen, estampado de cera y comercialización de estos productos.

Entre sus logros, los productores de Los Santos señalan haber podido superar una larga etapa de receso en la actividad debido al ingreso al país de la abeja africanizada, pues esta es más agresiva que la europea y requiere un trato distinto. ■

# Notas breves



Oferta tecnológica pública



Acciones universitarias de vinculación



Talento humano técnico

## Plataforma Hipatia se renueva

El Programa Estado de la Nación lanzó este año una nueva versión de la plataforma tecnológica Hipatia, sobre las capacidades en ciencia, tecnología e innovación, con la actualización y el aumento de la cobertura de las aplicaciones presentadas en la primera versión del 2015.

Según el Programa Estado de la Nación, perteneciente al Consejo Nacional de Rectores (Conare), esta plataforma brinda a la ciudadanía, académicos, tomadores de decisión y funcionarios de instituciones públicas y empresas conocer los avances y desafíos en la construcción de capacidades en el ámbito de la ciencia y la tecnología, a la vez que facilita información práctica que puede ser tomada en cuenta a la hora de actuar.

Hipatia 2016 aloja más de 70 gráficos informativos con información de interés en el campo, con amplias series temporales que permiten contextualizar y conocer tendencias.

Asimismo, la nueva versión contiene una lista actualizada de graduados de instituciones como el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) y Colegios Técnicos Profesionales (CTP), con el objetivo de que se conozca la oferta del recurso humano técnico que brinda el país.

Otra de las novedades es un panel de estadísticas basado en los graduados de las universidades públicas nacionales desde el año 2000, en las áreas de Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Agrícolas, Ciencias Médicas e Ingenierías y tecnologías.

Además, contempla un apartado dedicado a la producción tecnológica de los últimos diez años, así como datos relevantes de esta producción articulados en más de una decena de gráficos, que permiten realizar análisis sobre las capacidades productivas locales. ■

Fuente: Programa Estado de la Nación

## Nuevo tratamiento para tuberculosis

Un nuevo tratamiento contra la tuberculosis fue presentado durante la Conferencia Mundial de la Unión sobre la Salud Respiratoria en Liverpool, Inglaterra, luego de la tasa de éxito alcanzada (82 %) en un estudio en el que participaron 1006 pacientes.

La investigación se realizó durante nueve meses y los pacientes participantes eran personas resistentes a la rifampicina, uno de los medicamentos más eficaces en la lucha contra la tuberculosis. A los participantes se les recetó siete medicamentos, entre ellos isoniazida, utilizado para contrarrestar la enfermedad.

Sin embargo, se les administró en dosis dos veces superiores a las prescritas habitualmente. Los resultados fueron 734 pacientes declarados curados tras el tratamiento, otros 87 no mostraron ningún signo de fracaso del tratamiento, 54 pacientes no reaccionaron al tratamiento, se perdió la pista de 49 de ellos y 82 murieron.

A pesar de las muertes, los resultados se obtuvieron en contextos diferentes y en un gran número de pacientes, por lo que se trata del tratamiento contra la tuberculosis resistente a los antibióticos más eficaz hasta el momento.

El tratamiento es “un avance en el combate contra la tuberculosis resistente a los antibióticos”, se congratuló la Dra. Paula Fujiwara, directora científica de la Unión Internacional contra la Tuberculosis y las Enfermedades Respiratorias.

Según un informe de la Organización Mundial de la Salud, alrededor de 1,8 millones de personas murieron de tuberculosis en el año 2015, cifra que ha aumentado en 300 000 más que el año anterior.

El estudio se llevó a cabo en colaboración con el Instituto de Medicina Tropical de Amberes, Bélgica, el Instituto Científico San Raffaele de Milán, Italia, e investigadores de los nueve países africanos de los que provenían los pacientes. ■

Fuente: AFP



## Crece inversión en ciencia

Costa Rica invirtió un total de \$1294,3 millones en términos absolutos en Actividades Científicas y Tecnológicas (ACT). De este monto, \$838,2 millones fueron invertidos por el sector académico; \$344,1 millones por el sector público; \$105,5 millones por el sector empresarial y \$6,5 millones por los organismos sin fines de lucro.

La mayor participación de inversión la ejecutó el sector académico con un 64,8 %. Asimismo, el gasto en Enseñanza y Formación Científica y Tecnológica se incrementó en 33,7 %.

Según el VII Informe de Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación, Costa Rica 2014, presentado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt), el sector público continúa con la mayor tasa de crecimiento en la inversión en ciencia y tecnología con un 34,3 % del 2013 al 2014. Esto mantiene la tendencia de ascenso desde el año 2012.

El sector académico tuvo un leve crecimiento entre el 2012 y el 2013 con un 4,4 %, a diferencia del periodo entre el 2013 y el 2014, en el que el aumento alcanzó un 32,6 %.

La tasa de crecimiento del sector empresarial también se incrementó al pasar de un 8 % al 21,1 % en los periodos ya descritos.

En relación con el Producto Interno Bruto (PIB), el porcentaje de inversión en ACT aumentó de 2,01 % a 2,58 % del 2013 al 2014, con una tasa de crecimiento del 28,45 %. Este aumento es significativo en comparación con el del 2013, que alcanzó solo un 1,5 %.

Otro de los datos relevantes presentados en el Informe es que para el 2014 se contabilizaron en Costa Rica 2590 investigadores en equivalencias a jornadas completas (EJC), de los cuales 1503 fueron hombres y 1087 mujeres. Esto indica que existen 1,1 investigadores en EJC por cada mil integrantes de la Población Económicamente Activa.

De acuerdo con el Informe, al comparar este dato con otras naciones de la región la situación es positiva, ya que el país se encuentra por encima de la media de América Latina y el Caribe y solo es superado por Argentina y Brasil. ■

Fuente: Micitt



Randall Arauz\*

## Falta de información ya no será excusa

Los Durante los últimos 15 años ha surgido en la literatura científica una creciente preocupación por el estado de las pesquerías globales. Se informa sobre la reducción en un 90 % de las poblaciones de todos los grandes depredadores marinos durante los últimos 50 años, desde el surgimiento de la pesca industrial. El voraz apetito de las sociedades asiáticas por la famosa sopa de aleta de tiburón estimuló una industria que a la larga agotó las poblaciones de tiburones oceánicos alrededor del orbe. Recientemente se ha brindado protección a algunas especies de tiburón de la amenaza que representa el comercio internacional de sus aletas, mediante su incorporación en el Apéndice II de la Convención Sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (Cites).

Durante el reciente proceso para proteger el tiburón sedoso bajo el Apéndice II de Cites, en Johannesburgo hace unas semanas, Costa Rica se destacó por liderar la oposición a la propuesta (contrario a nuestra imagen conservacionista). A pesar de que la información científica es clara en señalar que se deben tomar medidas urgentes para no solo detener, sino revertir la tendencia hacia la extinción que muestra la especie, la propuesta de las autoridades nacionales ha sido inaudita: no hacer nada por falta de información y seguir pescando para conseguirla. Esto sería aceptable hace 50 años, pero cuando lo que nos queda es un 15 % de la población, a partir de la cual hay que restaurar la misma, lo más sensato y lógico es reducir significativamente su captura y mortalidad.

Afortunadamente, el tiburón sedoso fue incluido bajo el Apéndice II por una vasta mayoría de los países. Básicamente, los países exportadores tienen un año de tiempo para demostrar que la extracción de tiburones sedoso destinada a la exportación es sostenible en términos biológicos y existe trazabilidad a lo largo de la cadena de comercio para garantizar el cumplimiento. En caso contrario se suspenden las exportaciones. Esto tiene enormes implicaciones para Costa Rica, pues en vez de usar la falta de información como excusa para no actuar y continuar el proceso de sobrepesca y extinción para obtenerla, a falta de la misma tendrán que detener las exportaciones. ¡Esto sí salvará tiburones! ■

\* Biólogo y presidente de Pretoma



Casi el 80 % de los tiburones capturados en el país para su comercio es de la especie conocida como sedoso (foto: cremacr.org, cortesía de Pretoma).

## El más capturado en el país Tiburón sedoso bajo protección mundial

**Costa Rica se abstuvo de votar para la inclusión del tiburón sedoso al marco de protección mundial del Cites.**

Paula Umaña González  
paula.umana@ucr.ac.cr

Este año en la Conferencia de las Partes (CoP17) de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (Cites), realizada del 24 de setiembre al 5 de octubre en Johannesburgo, capital de Sudáfrica, los países miembros realizaron una votación para la inclusión de los tiburones sedoso, zorro y las mantarrayas al Apéndice II de la Convención.

El voto de la gran mayoría de los países a favor hace que la protección de estas especies marinas ya sea un hecho. El grupo de especies que figuran en el Apéndice II no se encuentra necesariamente amenazado de extinción, pero podría llegar a estarlo si no se aplican las medidas necesarias, como un control más riguroso de su comercio.

El Apéndice si bien no prohíbe la captura y comercio de las especies que contiene, sí regula ambas actividades de manera más estricta.

Ahora los países miembros de la Convención, hayan estado de acuerdo o no con la inclusión, se encuentran obligados a aplicar las restricciones comerciales dispuestas por este Apéndice. Para ello cuentan con seis meses para aplicar las medidas de conservación

en el caso de las mantarrayas y un año para los tiburón sedoso y zorro.

Entre las principales medidas que cada nación exportadora deberá seguir es la solicitud de un Dictamen de Extracción No Perjudicial (DENP) a las embarcaciones pesqueras, un instrumento que garantiza que las capturas se han realizado de la manera adecuada y que además la cantidad de exportaciones no resulta dañina para las poblaciones de tiburones.

El tamaño y cantidad de los especímenes capturados, el método de pesca utilizado y la zona en donde se realizó la pesca son algunos de los aspectos que el dictamen debe especificar.

### Sedoso en peligro

El tiburón sedoso es la especie de tiburones que más se captura en Costa Rica debido a su gran valor comercial en mercados internacionales, sobre todo en la región asiática. El principal destino de exportación es Hong Kong, donde el producto es utilizado en las perseguidas sopas de aleta de tiburón.

Según Jorge Jiménez Ramón, director general de la Fundación MarViva, alrededor del 76 % de los tiburones capturados en el año 2014 fue de la especie sedoso (*Carcharhinus falciformis*).

Un largo desarrollo embrionario, un crecimiento lento, una madurez sexual tardía y una baja fecundidad son características pertenecientes a la mayoría de los tiburones, incluyendo los sedosos. Así,

uno de los principales problemas es que los tiburones sedosos capturados son en gran parte especímenes jóvenes, lo que influye directamente en la reproducción y el crecimiento de las poblaciones.

“También son altamente migratorios, lo cual se convierte en un punto de vulnerabilidad grande, ya que entonces el trabajo de conservación no depende de solo un país, sino de todo el rango en el que se distribuya”, explicó Mario Espinoza Mendieta, biólogo y especialista en ecología marina del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (Cimar), de la Universidad de Costa Rica (UCR).

A pesar de que Costa Rica carece de datos concretos sobre la situación de las poblaciones de tiburones sedosos en sus mares, las investigaciones realizadas por distintas organizaciones y comités científicos internacionales alertan sobre una rápida disminución de la especie en distintas zonas del mundo.

“Estas especies han sido sobre-pescadas, muchos países ya han evidenciado niveles de entre un 85 % y 90 % de reducción, por lo que es un poco iluso pensar que en todo lado se haya evidenciado una disminución y que en Costa Rica no la haya, donde no se ha tomado ninguna medida de conservación”, manifestó Espinoza.

Así mismo, la especie es considerada como vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), que advirtió sobre el descenso de las poblaciones de este tiburón.

En cuanto al tiburón zorro, esta especie se encuentra en estado vulnerable a nivel mundial; sin embargo, en el país el problema es menor debido a que sus poblaciones se mueven en aguas más frías y se capturan en menor cantidad.

### Voto indeciso

En la CoP17 celebrada en Johannesburgo, el 76 % de los países miembros votó a favor de que el tiburón sedoso fuera incluido en el Apéndice de protección, el 21 % en contra y el 5 % se abstuvo de ejercer el voto, entre ellos Costa Rica.

Sin embargo, según Jiménez, esta votación demuestra una contradicción, ya que en el 2014 el país votó por la protec-

ción de esta especie en la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (CSM).

“Menos de dos años después, Costa Rica se abstuvo diciendo que no considera importante protegerlo. Eso indica que no hay una clara dirección política marina en el país o una posición país, sino que prácticamente se toman posiciones basadas en pareceres personales de la persona que está a cargo en ese momento”, expresó Jiménez.

Para el especialista en tiburones Mario Espinoza, el asunto se explica porque los tiburones sedoso y zorro son especies de gran importancia económica.

“A pesar de toda la información científica que existe y la congruencia a nivel global de científicos en pesca de que algo mal está pasando con las poblaciones de tiburón sedoso, ésta sigue siendo la principal especie que se pesca en Costa Rica y tristemente la opinión del Gobierno está muy influenciada por la del sector pesquero”, agregó Espinoza.

Además, Jiménez explicó que existe un conflicto social debido a que los países exigen medidas estrictas de conservación para una especie sobre-pescada; sin embargo, una reducción en su captura podría ocasionar efectos económicos en las zonas costeras.

“El país tiene que entender que por un lado tenemos los índices de pobreza más alto en las comunidades costeras; estas están sujetas o son dependientes de actividades como la pesca de tiburón y, por lo tanto, para ellos es muy difícil no pescar pues prácticamente es su única fuente de ingreso”, manifestó el director de MarViva.

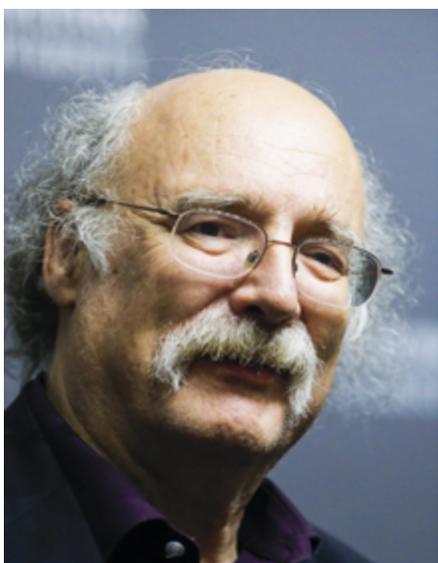
Indicó que el principal problema es que en el país no se adopta una política que permita la diversificación de esquemas productivos para que las comunidades costeras tengan otras alternativas.

Aunque se intentó conocer la opinión de las autoridades del Ministerio del Ambiente acerca del tema, hasta el cierre de esta edición no se obtuvo respuesta.

Tanto el sector pesquero como el conservacionista se encuentran pendientes de los cambios que la inclusión de las especies citadas puedan traer a la actividad comercial y a la protección de las poblaciones de tiburones. ■



La mayoría de especímenes de tiburones sedosos capturados son jóvenes, lo que influye de forma negativa en el desarrollo de las poblaciones de esta especie marina (foto: cremacr.org cortesía de Pretoma)



El Premio Nobel de Física 2016 fue dividido entre Duncan Haldane, Michael Kosterlitz y David Thouless, gracias a los descubrimientos teóricos de las transiciones de fase topológica y fases topológicas de la materia (foto AFP).

# Misterios de la materia

## Una ventana abierta al mundo cuántico

**El descubrimiento de las fases topológicas contribuye al desarrollo de materiales innovadores y a la comprensión del comportamiento de la materia en el mundo microscópico. En este, las leyes que rigen los fenómenos son muy diferentes de las que normalmente conocemos.**

Karol Castro Ureña  
karol.castrourena@ucr.ac.cr

Las computadoras cuánticas y materiales superconductores son una realidad cada vez más cercana, gracias a los descubrimientos de las fases topológicas de la materia y sus transiciones. Estos términos traen de cabeza a todo el mundo desde que se anunció el Premio Nobel de la Física 2016 en octubre pasado. Pero ¿qué son estas fases? y ¿para qué nos sirven? Acompáñenos a descubrirlo.

Al hablar de fases de la materia en general se piensa en aquellas que resultan más familiares: sólida, líquida y gaseosa, así como sus respectivas transiciones de acuerdo con los cambios de temperatura: fusión, evaporación, solidificación, sublimación, condensación y deposición.

Una fase menos conocida es el plasma, un fluido (similar a los gases) a temperaturas muy altas que posee partículas cargadas con electricidad y que es la principal materia de las estrellas del universo.

Esas fases se pueden observar fácilmente en nuestro entorno. Ahora, ¿qué pasa a nivel microscópico, con lo

que no podemos percibir a simple vista? Las reglas de la mecánica cuántica, que rigen los fenómenos en las escalas más pequeñas de la naturaleza, son diferentes de las que conocemos en el mundo común y corriente.

Las investigaciones desarrolladas por Duncan Haldane, David J. Thouless y Michael Kosterlitz, los tres científicos británicos galardonados con el Nobel de Física 2016, durante las décadas de los años 80 y 70 trataron de explicar esos fenómenos cuando la materia se somete a temperaturas extremas, cercanas a los 0 Kelvin (el cero absoluto, equivalente a -273°C).

Haldane estudió la materia que puede formar hilos tan delgados que pueden considerarse unidimensionales. Thouless y Kosterlitz, por su parte, analizaron lo que ocurría en las formas planas de la materia, superficies o capas tan finas que podrían ser llamadas “bidimensionales”.

“Fue un reto en ese momento, la teoría decía que las transiciones de fase no podían ocurrir en materiales muy finos (con centenas o decenas de capas atómicas). Ellos demostraron que el marco teórico con el que tratábamos de entender las transiciones de fase convencionales, como la del agua en hielo, no era el marco conceptual con el que se debía entender las transiciones de fase en esos materiales muy delgados”, comentó Gian Guzmán Verri, especialista en materia condensada, profesor invitado de la Escuela de Física e investigador del Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales (Cicima), de la Universidad de Costa Rica.

Para abarcar el problema desde otro frente, los tres científicos británicos decidieron entonces utilizar la topología.

## Rosquillas y matemáticas

La topología es una rama de las matemáticas. Busca describir las propiedades de un objeto que no se alteran tras una serie de deformaciones continuas “no traumáticas”; es decir, que no implican rupturas, cortes o desgarros.

El ejemplo más recurrente es comparar una rosquilla con una taza de café. Se dice que ambas son iguales desde un punto de vista topológico, porque si la taza se pudiera moldear -como la plastilina- se podría transformar hasta obtener una rosquilla sin necesidad de hacer cortes, y ambas tendrían la misma cantidad de agujeros.

Por el contrario, una esfera y una rosquilla no son objetos equivalentes entre sí, porque habría que hacerle un hueco a la primera para poder transformarla en la segunda.

En la topología, dos objetos son equivalentes cuando poseen el mismo número de trozos, huecos, intersecciones o el mismo número de caras (en el caso de superficies). Estas características se denominan invariantes topológicos porque no se alteran con las transformaciones.

Haldane, Thouless y Kosterlitz descubrieron que esas propiedades o atributos intervienen en el comportamiento eléctrico y magnético de materiales muy finos cuando se enfrían a temperaturas

cercanas al cero absoluto (las temperaturas más bajas posibles).

¿Cómo? Imaginemos un plano donde se encuentran distribuidos los electrones de un determinado material. Dicha distribución puede generar vórtices (remolinos).

“Estos vórtices son estructuras muy robustas, uno no puede simplemente destruirlas y la matemática que describe esa robustez es la topología”, explicó Guzmán, quien además es investigador asociado en el Argonne National Laboratory en Illinois, Estados Unidos.

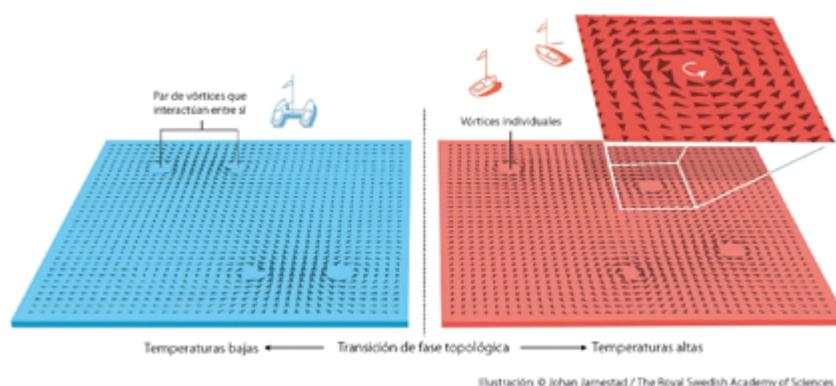
El investigador mencionó que “la transición de fase que ellos (Haldane, Thouless y Kosterlitz) estudiaron es una transición donde estos vórtices se mueven en un fluido de forma separada, no interactúan entre sí, pero al bajar la temperatura comienzan a interactuar de una forma muy particular, formando pares entre ellos. Eso hace que la dinámica cambie y dentro del marco conceptual de la teoría de fases topológicas lo que nos dice es que es una fase distinta a esa otra fase donde tenemos los vórtices separados”.

A temperaturas suficientemente bajas, además, los vórtices giran sin presentar viscosidad, ni resistencia; sin ralentizarse y sin detenerse nunca.

El descubrimiento de estos tres británicos, además de otorgarles el Nobel, ha impulsado las investigaciones de fases “exóticas” durante la última década.

“Es uno de los temas donde actualmente hay muchísimos investigadores y mucho financiamiento. Estas fases y materiales son muy prometedores para el desarrollo de tecnologías de materiales conductores de la electricidad con muy poca resistencia o para el desarrollo de futuras generaciones de computadoras”, afirmó.

“Lo que queremos es entender cómo funciona la naturaleza”, dijo. “A lo largo de la historia del ser humano ha existido una necesidad de entender el mundo que nos rodea y las transiciones de fase son un aspecto muy importante, pues las observamos en los aspectos más cotidianos de la vida”, finalizó. ■



Haldane, Thouless y Kosterlitz descubrieron que las propiedades topológicas intervienen en el comportamiento eléctrico y magnético de materiales muy finos cuando se enfrían a temperaturas cercanas al cero absoluto.



M.Sc. Gerardo Chaves, profesor e investigador de la Escuela de Biología y del Museo de Zoología (foto Laura Rodríguez).

## Gerardo Chaves "Ostional es producto de la conservación humana"

**Por más de 40 años, la UCR ha participado en el desarrollo de un sistema sostenible de uso y manejo de las tortugas marinas en el Pacífico costarricense.**

Patricia Blanco Picado  
patricia.blancopicado@ucr.ac.cr

En 1971 la Universidad de Costa Rica (UCR) inició en el Refugio de Vida Silvestre de Ostional, en Santa Cruz de Guanacaste, un proyecto de investigación sobre las tortugas marinas lora (*Lepidochelys olivacea*), que anidan en sus playas. En todos estos años se han generado estadísticas y publicaciones que demuestran que la mejora ambiental y social van de la mano.

Así lo considera el M.Sc. Gerardo Chaves, especialista en reptiles y anfibios, quien por 20 años ha estado al frente de la coordinación del trabajo en Ostional.

**-¿Qué balance hace del proyecto de conservación de tortugas que la UCR desarrolla en Ostional?**

-El proyecto ha sido importante. Hemos tenido la oportunidad de estudiar un fenómeno natural muy interesante y lo hemos abarcado por más de 40 años. Desde el punto de vista social y económico hemos logrado desarrollar un sistema sostenido

de un recurso natural muy conflictivo y los productos son muy claros: una población de tortugas estable, una población humana asociada al proyecto en crecimiento y una de las pocas comunidades costeras con un desarrollo sostenible, lo cual se debe en parte a que el proyecto ha generado recursos económicos para propiciar ese desarrollo.

**-¿De qué forma la nueva Ley de Ostional afecta el proyecto de conservación de tortugas?**

-La Escuela de Biología de la UCR promovió la existencia de una ley especial para Ostional con el fin de regular la ubicación de la comunidad humana en el sitio. Ostional se ha estimulado a conservar el recurso para seguir usándolo y los métodos utilizados han sido inventados por la misma gente.

En el desarrollo de Ostional ha sido muy importante el co-manejo entre el Ministerio del Ambiente (Minae) y los pobladores del Refugio. Gran parte de la labor de la UCR ha estado centrada en balancear ese manejo. Siempre hemos puesto como límites al uso de los recursos los datos científicos y hemos propiciado la participación de todas las personas. Lo más importante de la ley es entonces la aceptación del co-manejo de los recursos.

**-¿Qué es lo que hace único a Ostional en relación con otras experiencias?**

-La diferencia está en que todo lo que se hace se documenta, en parte porque se creó a través de una asociación de desarrollo y todos los años hay que rendir informes sobre la gestión ante Dinadeco, Minae, la UCR e Incopesca. Eso genera información con la que podemos ver si vamos bien o mal y hacer correcciones para mejorar. En ese ir y venir documentado vamos teniendo un producto fundamentado. Ya vamos por el tercer plan de manejo quinquenal, que funciona mediante un plan operativo anual.

**-¿Cuál es el próximo paso a seguir a partir de la aprobación de la ley?**

-Este es un año de trabajo muy fuerte. La ley en sí misma no resuelve nada. Funcionará si se ampara en su reglamentación. Involucra un plan de manejo que es más complicado que un plan regulador, porque la variable ambiental es mucho más fuerte. A la par tenemos que regular la actividad humana para favorecer la conservación y enlazar ambas cosas.

El plan de manejo involucra objetivos y puntos focales para los próximos cuatro años

**-¿Cuáles son esos puntos focales del plan de manejo?**

-Los puntos focales están en la zona nerítica, que son los primeros metros en el mar en donde se da la mayor riqueza biológica y marina. La playa es también un recurso importante, ahí viven muchos organismos, particularmente las tortugas; además, la vegetación costera, pues necesitamos recuperar la zona arbolada para que contribuya a dar sombra, mitigar la temperatura y servir de barrera a la contaminación lumínica y sónica.

El agua dulce también se debe conservar, pues muchos peces marinos se reproducen en esta agua, lo mismo que el agua subterránea. Además, el desarrollo urbano en Ostional está encima de un acuífero.

**-¿Cómo se regulará la actividad turística dentro del Refugio?**

-El turismo debe tener un manejo estipulado en un plan específico con la medición y monitoreo de variables, al igual que el resto de recursos que se utilizan. Así como ha existido el plan de manejo de uso de huevos de tortuga, así debe existir uno turístico. Sin embargo, el turismo es más complejo. Se debe regular la cantidad de gente que ingresa y la infraestructura para no afectar el hábitat. Por eso se va a hacer una zonificación para establecer las áreas de uso restringido, de uso intermedio y de uso más abierto.

**-¿Se va a retirar la UCR de esta comunidad? ¿Variarán los criterios de la relación con las instituciones y otros actores participantes?**

-La UCR no quiere salirse. Se ha trabajado mucho para llegar a este punto y más bien se abre un marco para poder operar más fácilmente. Se requiere que el país reduzca la corrupción para lograr cualquier objetivo que se proponga. Una

de las cosas que se ha criticado mucho es la venta de huevos procedentes de Ostional de manera ilegal; es decir, que no proceden del proyecto de uso sostenible del recurso. Pero lo que ocurre es que no hay control suficiente por parte del Estado.

**-¿Qué opina acerca de las críticas que se le hacen al proyecto de Ostional por la explotación de huevos de tortuga?**

-El país tiene un gran problema con la conservación. Los parques nacionales fueron creados para respetar su actividad natural, pero fuera de estos parece que podemos destruir todo. Pensamos que un sitio se conserva solamente si le ponemos una cerca. Pero las áreas protegidas al final van a terminar sucumbiendo ante la presión de la gente. Entonces, lo mejor es trabajar en el uso sostenible de los recursos fuera de los parques nacionales. En Ostional, la pretensión es hacer notar que el esquema de comunidad humana y ambiente en el mismo sitio es factible de desarrollar con límites que los imponen las mediciones científicas. Si mantenemos los ambientes con un uso limitado generamos la oportunidad de seguir viviendo en ellos.

**-¿Cuál ha sido su experiencia en Ostional durante 20 años de trabajo?**

-Es un sitio en donde la UCR ha aprendido a escuchar a la comunidad. No fuimos a enseñar, sino a interactuar y a generar productos que están basados en ambas experiencias. Esto nos ha enriquecido mucho. Es algo que debemos seguir ensayando en otros sitios.

Nosotros tenemos mucha *expertise* para evaluar, pero necesitamos el contacto diario de la gente con los recursos para poder entender por qué ha llegado a ese nivel, por qué lo hace de esa manera. Cuando lo entendemos podemos proponer cosas que les puede servir. Ostional nos ha enseñado esa forma de trabajar. Nunca vamos a tener un producto perfecto, pero sí una propuesta de manejo acorde con la situación que se vive en esa zona y cuando cambie esa condición los planes se evalúan y se rehacen. ■

### Al lado de las tortugas

Herpetólogo, profesor de la Escuela de Biología e investigador del Museo de Zoología de la UCR. Desde 1996 es coordinador de la Estación Biológica Douglas Robinson en Ostional de esta misma universidad. Ha investigado la biología poblacional, la diversidad y abundancia de los anfibios y reptiles de Costa Rica. Entre los hallazgos más importantes resaltan la determinación de las especies de anfibios con problemas poblacionales drásticos en los años 80 y 90, el estudio de las causas de estos declines y el descubrimiento de poblaciones relictas de estas mismas especies. En el campo de las tortugas marinas imparte un curso en la UCR y mantiene el monitoreo de la población de tortugas en playa Ostional como parte del proyecto de uso racional de huevos de tortuga lora que esta institución avala.



El grupo GIA-UCR dispuso de un día para el examen teórico y tres días para el ensamblaje y lanzamiento de sus cohetes. Los estudiantes viajaron al desierto en Reno, Nevada, en donde se llevó a cabo la experiencia aeroespacial.

# Estudiantes con licencia para volar cohetes

**\* Certificación contribuirá al impulso de la ciencia y la tecnología aeroespacial en Costa Rica.**

Otto Salas Murillo  
otto.salasmurillo@ucr.ac.cr

Un total de siete estudiantes de la Universidad de Costa Rica (UCR) obtuvo la Certificación Internacional Nivel II que otorga la agencia estadounidense Tripoli, una de las cuatro entidades en el mundo autorizadas para poder expedir este tipo de licencias.

El grupo está constituido por Stephanie Rodríguez Vargas, Olman Quirós Jiménez y Carlos Rodríguez Delgado de la carrera de Física; Esteban Jiménez Sánchez, Mauricio Alfaro Benavides y Francisco Salazar López de Ingeniería Mecánica; y Roberto Aguilar Martínez de la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática.

Ellos forman parte del Grupo de Ingeniería Aeroespacial (GIA) de la UCR, en el que trabajan cuatro profesores de la Escuela de Ingeniería Mecánica y 63 estu-

diantes de diversas carreras, coordinados por la Ing. Leonora De Lemos Medina, quien tiene la Certificación I.

Stephanie Rodríguez se convirtió en la primera mujer de Centroamérica y una de las primeras latinoamericanas en lograr la Certificación II.

De Lemos motivó a los jóvenes del GIA-UCR para que realizaran las pruebas y tras una selección para conformar el equipo este viajó del 12 al 16 de setiembre pasado al desierto en Reno, en el estado de Nevada, Estados Unidos, lugar en donde se realizaron las pruebas teóricas y prácticas.

La UCR cubrió los gastos de transporte, estadía, alimentación y participación de los siete estudiantes en esta experiencia aeroespacial.

Los participantes replicarán el conocimiento adquirido en el grupo y en sus propias carreras, por lo que se espera que germinen proyectos de investigación ligados a la ingeniería espacial, meteorología, medicina y tecnología, entre otras áreas. ■

Fotos cortesía GIA-UCR.



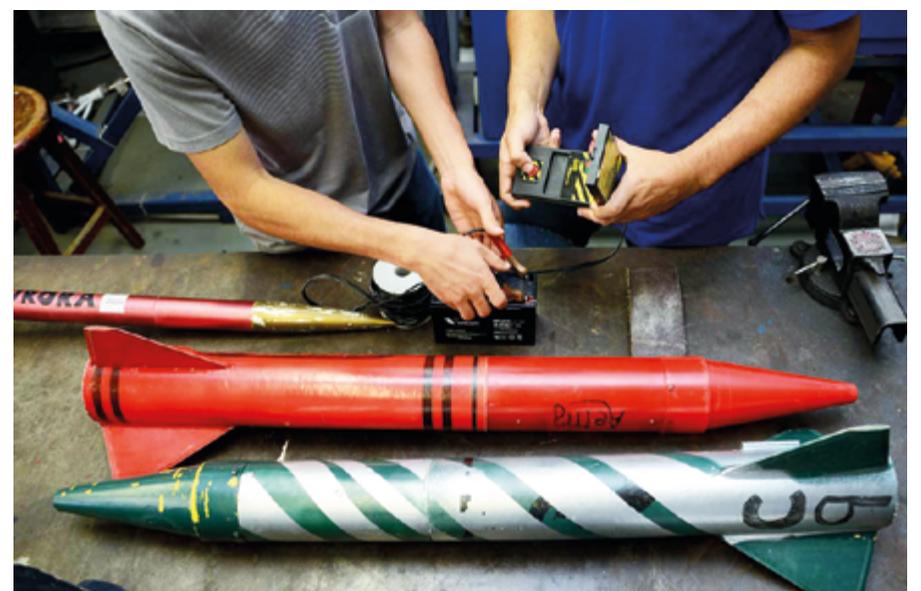
Antes de llevar a cabo el examen práctico, que consiste en el ensamblaje del cohete, lanzamiento y aterrizaje correcto, los estudiantes hicieron una prueba teórica sobre aspectos técnicos, aerodinámica, motores y seguridad.



Los cohetes lanzados por el equipo de la UCR llegaron a una altura de entre 1,5 y 1,7 millas (2,4 y 2,7 km.).



Francisco Salazar y Stephanie Rodríguez, dos de los participantes. Los tres niveles de certificación están divididos de acuerdo con las capacidades de propulsión de los motores, entre más poder más capacidad de carga y así aumenta la responsabilidad de sus operadores.



Gracias a la tecnología de cohetes, el GIA-UCR podrá crear proyectos de investigación basados en misiones hacia la atmósfera para medir indicadores meteorológicos en tiempo real, estudiar la microgravedad, mejorar los sistemas de localización, por ejemplo.