

Publicación anual. Número 18

Quito, mayo de 2016

Nuestra Ciencia

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



Comprometidos con el Ecuador

Operamos en el Ecuador en los Bloques 16 y
Tivacuno con nuestros socios Opic, Sinochem y
Tip Top Energy Ltd., subsidiaria de Sinopec.



www.repsol.com



Institut de recherche pour le développement

7



11



34



38



49



Actualidad Científica

- 3** Vinculación de la PUCE con la Comunidad de Microcervecedores de Ecuador
■ Javier Carvajal
- 7** La dinámica poblacional del frailejón, *Espeletia pycnophylla* Cuatrec., y los efectos de incendios e inundaciones
■ Tjitte de Vries
- 11** Una flor endotérmica en los Andes del Ecuador
■ Erika Páez V., Sylvain Pincebourde, Rommel Montúfar y Olivier Dangles
- 15** Análisis químicos relacionados con las erupciones volcánicas
■ Lorena Meneses Olmedo
- 18** De lo nano a la medicina
■ Danny Ganchala y María Fernanda Pilaquinga
- 22** Gusanos, peces, salamandras y la promesa de regeneración
■ Andrés Romero-Carvajal
- 26** Agroecología, una ciencia en construcción
■ Sandra Garcés

Curiosidades Científicas

- 30** El omnipresente bisfenol
■ Eliza Jara
- 34** La rana y el volcán... una historia de supervivencia
■ Andrés Merino-Viteri
- 38** La aracnofobia: un caso de casa
■ Fernanda Salazar y Mauricio Vega
- 42** Infecciones asintomáticas: ¿la regla o la excepción?
■ Fabián Sáenz
- 45** Importancia del enfoque socioambiental en la investigación de la salud
■ Andrea Rodríguez-Guerra
- 49** Algunas especies y usos de las plantas útiles en la medicina tradicional de los Kichwa del Napo
■ Omar Vacas Cruz
- 54** Huevos y eclosiones: el mundo oculto de los saurios
■ Fernando Ayala-Varela y Sebastián Valverde

Instantáneas

- 59** Insectos del Yasuní
■ Esteban Baus

Gente que hace historia

- 60** Mercedes Rodríguez Riglos: una profesora y autoridad paciente y comprometida con la Escuela de Ciencias Biológicas
■ Alberto B. Rengifo A.

Noticiencia

- 62** Planificación en la Conservación de Murciélagos del Ecuador
- 63** Publicaciones

Contenido

DECANO

Mtr. Esteban Baus C.

DIRECTORA

Mtr. Mercedes Rodríguez R.

EDITOR

Dr. Alberto Rengifo A.

CONSEJO EDITORIAL Y REVISIÓN DE TEXTOS

Álvaro Barragán, Santiago Burneo, Javier Carvajal,
Verónica Crespo, Tjitte de Vries, Lorena Meneses,
Rommel Montúfar, Hugo Navarrete, Marco Neira,
Patricia Portero, Anita Villacís.

CORRECTOR DE ESTILO

Dr. Alberto Rengifo A.

COLABORARON EN ESTE NÚMERO

Lic. Fernando Ayala,
Máster Esteban Baus,
Dr. Santiago Burneo,
Dr. Javier Carvajal,
Dr. Olivier Dangles,
Dr. Tjitte de Vries,
Lic. Danny Ganchala,
Máster Sandra Garcés,
M. Sc. Eliza Jara,
Dra. Lorena Meneses,
Máster Andrés Merino,
Dr. Rommel Montúfar,
Lic. Érika Páez,
Máster Álvaro Pérez,
M. Sc. María Fernanda Pilaquinga,
Dr. Alberto Rengifo,
Máster Andrea Rodríguez,
Dr. Andrés Romero,
Dr. Fabián Sáenz,
Lic. Fernanda Salazar,
Magíster Omar Vacas,
Lic. Sebastián Valverde.

DISEÑO, DIAGRAMACIÓN E IMPRESIÓN

Imprenta Hojas y Signos
hojasysignos@gmail.com, 3319298

TIRAJE: 1000 ejemplares

NUESTRA CIENCIA: Revista anual de divulgación científica
de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la PUCE

NÚMERO 18, MAYO DE 2016

ISSN: 1390-1893

Quito, Ecuador

Revista *Nuestra Ciencia* n.º 18.

http://issuu.com/hojas/docs/revista_nuestra_ciencia_no18

Los artículos publicados son responsabilidad exclusiva de sus autores y no comprometen a la Revista, al editor, ni a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la PUCE.



Por Patricio Hidalgo Pérez

Frailejones en los páramos de El Ángel. *Espeletia pycnophylla* Cuatrec.

Editorial

El papa Francisco en su Carta Encíclica “Laudato Si’ mi’ Signore” hace un llamado urgente a proteger nuestra Casa Común, lo que supone la preocupación por la naturaleza, la justicia con los pobres, el compromiso con la sociedad y la paz interior.

Nos dice que necesitamos una solidaridad universal nueva en la que todos colaboraremos en el cuidado de la creación, cada uno

desde su cultura, sus experiencias, sus iniciativas y sus capacidades.

La revista *Nuestra Ciencia*, desde hace 17 años, ha caminado por este sendero; por esto, en este nuevo número, desde su espacio de divulgación científica, nuevamente se suma a este llamado y reitera su compromiso de proteger el medio ambiente y todo lo que ello significa; pues, en definitiva, “El mundo es algo más que un problema por resolver, es un misterio gozoso que contemplamos con jubilosa alabanza” (Papa Francisco, “Laudato Si’”, 2015).

Por tanto, con alegría y satisfacción, ponemos en sus manos, amable lector, artículos que de una u otra manera constituyen destellos de luz en medio de una sociedad en la que existen enormes inequidades, pues permite que unos se consideren más dignos que otros.

De ahí que le invitamos a sumergirse (leer), por ejemplo, en el mundo tecnológico de cómo hacer una cerveza casera que puede convertirse en un oficio que le permita vivir con dignidad. Esperamos que el frío de El Páramo del Ángel, no quite su sonrisa al enterarse que los frailejones, que en este espacio viven, constituyen verdaderas esponjas que guardan ese líquido vital tan precioso llamado agua. Creemos que usted se llenará de calor y alegría cuando lea que unos científicos de la PUCE han descubierto la existencia de una flor endotérmica en los Andes del Ecuador. Y si usted, al pasar del frío al calor, siente alguna dolencia, acuda de inmediato al interesante artículo que habla sobre algunas plantas medicinales tradicionales de los Kichwa del Napo; seguramente, estas las plantas llámense palo de tortuga, sangre de drago, caña de trueno, etc. le quitarán, en un abrir y cerrar de ojos, esos inoportunos dolores.

En fin, amable lector, usted tiene en *Nuestra Ciencia* n.º 18 una rica variedad de textos para todos los gustos. Le puedo asegurar que cada articulista ha puesto todo su esmero y empeño por divulgar lo que sabe, haciendo uso de un lenguaje claro, correcto, conciso y expresivo.

Espero y aspiro que la lectura de estos artículos le comprometan a ser parte de un “ tiempo que se recuerde por el despertar de una nueva reverencia ante la vida; por la firme resolución de alcanzar la sostenibilidad; por el aceleramiento en la lucha por la justicia y la paz y por la alegre celebración de la vida” (La Carta de la Tierra. La Haya, 29 de junio de 2000).

Dr. Alberto B. Rengifo A.
Quito, 24 de mayo de 2016

Vinculación de la PUCE con la Comunidad de Microcerveceros de Ecuador

“... la interrogante sobre la levadura en todas partes era un enigma; era el punto más débil en la cervecería.”

Emil Christian Hansen

■ Por Dr. Javier Carvajal Barriga
Laboratorio de Bioquímica
ejcarvajal@puce.edu.ec

En este nuevo artículo, queremos celebrar los 18 años de la revista *Nuestra Ciencia*, haciendo un recorrido histórico por el mundo de la cerveza; recorrido que lo dedicamos de manera especial a los biólogos cerveceros que se forman en nuestra Escuela y, por supuesto, a un icono de la microbiología de las levaduras: el danés Emil Christian Hansen (1842-1909), quien hizo una reforma sustancial en la forma de manejar y utilizar las levaduras, lo que tendría repercusiones profundas en la industria y en innumerables aspectos de nuestra vida moderna. Aquí trazaremos las líneas que unen la historia antigua, la reciente y la contemporánea de la cervecería tanto en Europa como en Ecuador, pasando necesariamente por la microbiología cervecera y arribando al movimiento microcervecero de Ecuador.

Hansen fue director de los laboratorios de investigación de la empresa cervecera Carlsberg. Allí, él estuvo a cargo de desentrañar un misterio que aquejaba a los produc-



Estudiantes y pasantes del CNIB elaborando cerveza.

tores de cerveza de la época. A pesar de que ya era conocido el papel de las levaduras en la fermentación y el rol de las bacterias contaminantes de la cerveza, aún había que poner luz sobre un aspecto todavía más fino de la microbiología cervecera: la existencia de diferentes cepas de levaduras, e incluso de diferentes especies, que al microscopio lucían muy similares, pero que el resultado de sus fermentaciones difería muchísimo. Entonces, por primera vez, Hansen logró un cultivo puro de la

levadura que era la productora del sabor deseable en la cerveza.

En perspectiva, el método de Hansen sería clave para desencadenar una miríada de aplicaciones industriales que escapaban del ámbito puramente cervecero. El saber que los microorganismos se encuentran asociados en consorcios compuestos por diferentes especies e inclusive dentro de las mismas especies, de distintas cepas, fue el paso hacia la producción estable de alimentos fermentados y posteriormente sería

fundamental en la farmacéutica y otras industrias biotecnológicas.

Historia reciente y no tan reciente de la microcervecera en Ecuador

Parecería que, ahora, cualquier persona que se lo proponga y que cuente con el capital necesario está en capacidad de hacer cerveza y comercializarla. La importación de maltas, lúpulos y una variedad de cepas de levaduras cerveceras que están disponibles en el mercado nacional ha hecho accesible este pasatiempo apasionante en los últimos años. La abundante información de cómo hacer cerveza en casa es cada vez más y más accesible para todo aquel que se proponga. No obstante, y como diría Hansen en 1883, el punto más débil para el cervecero es la parte microbiológica; sin olvidar, por cierto, que los procesos de elaboración, como la cocción y envasado en botella o barril son apenas la punta del iceberg de un proceso mucho más complejo, mientras que lo desconocido, por invisible a simple vista, es en realidad lo que más influencia tiene a nivel de la estabilidad en la producción de cerveza. Hasta la fecha, no he visto que ningún cervecero artesanal en Ecuador posea un microscopio óptico sencillo en su planta, y eso da cuenta de la gran necesidad que el movimiento cervecero tiene de cara a la mejora en la producción de la cerveza no industrial.

En el lejano 1997, mi pasión por las transformaciones mágicas de un grano de cebada en malta, cuya cocción en agua resultaba en un caldo dulce que, al fermentarlo con levadura, se convertía en ese milagro bioquímico llamado cerveza, me llevó a emprender en el establecimiento de la primera microcervecera del Ecuador. Cuando

Parecería que, ahora, cualquier persona que se lo proponga y que cuente con el capital necesario está en capacidad de hacer cerveza y comercializarla.

los ecuatorianos de finales del siglo XX conocíamos únicamente dos marcas de cervezas comerciales, la osadía de hacer una cerveza artesanal frunció el ceño de muchos; pero sin duda fue una experiencia muy interesante para la mayoría de personas que acudían al local denominado Naturbier, donde elaboraba y comercializaba mi cerveza.

Volviendo al Ecuador actual, he de decir que desde la academia nos hemos acercado a los microcerveceros, jóvenes emprendedores con quienes suelo refrescar mis vivencias de finales del siglo XX cuando yo era un joven biólogo de la PUCE y maestro cervecero graduado en Madrid. Ahora ofrecemos nuestros buenos oficios en forma de vinculación con la comunidad de microcerveceros ecuatorianos. Nuestra intervención institucional ha dado importantes frutos. Por ejemplo, la elaboración de la Norma INEN para la cerveza, donde la PUCE tuvo una actuación determinante para que hoy por hoy se haya generado una proliferación de microcerveceras, que antes no podrían vender sus productos por no haber en la normativa que estaba solo dedicada a la cerveza del tipo industrial. Más aún, ahora nuestros esfuerzos como universidad se han enfocado

en dar soporte en aspectos técnicos referentes a la producción de cerveza, sobre todo en el ámbito de la microbiología cervecera, que es la asignatura pendiente de aprobarse para algunos de los productores de cerveza en la actualidad.

La curva del aprendizaje en microcervecera

De la misma forma como a finales del siglo XIX en la Europa cervecera y, concretamente en Copenhague, Dinamarca, la industria cervecera enfrentaba desafíos difíciles de superar, los actuales cerveceros ecuatorianos reeditan la historia. Afortunadamente, ahora tenemos la posibilidad de ofrecerles un soporte científico y tecnológico de óptima calidad dada nuestra experticia en la microbiología y la físico-química cervecera.

Louis Pasteur en 1876 publicaba su obra "Etudes sur la bière"; en esta habla de las enfermedades que aquejan a esta bebida, en especial las que producen sabores indeseables, inestabilidad microbiológica causada por bacterias que dan turbidez y que en muchos casos se detectan por un sabor ácido, medicinal o acético que queda impreso en la cerveza. Esta bebida por ningún motivo debe contener malos sabores; pues, el hecho de que sea artesanal no justifica mala apariencia y sabor.

Por tanto, si vamos al mercado y encontramos cervezas artesanales con sabores extraños, turbidez o sedimentos exagerados no debemos atribuirlo a su carácter artesanal, sino a problemas microbiológicos, problemas tecnológicos y quizás a la necesidad de un fortalecimiento en la formación técnica del cervecero. La buena noticia es que la cerveza, por su contenido de alcohol, no alberga organismos patógenos para el

ser humano e incluso turbia, agria o pungente, sigue siendo fuente de vitaminas y de energía, sin contar con los efectos colaterales anti estrés y beneficios vasculares, si es consumida con moderación.

Sin embargo, me preguntaba: ¿por qué en un siglo XXI donde hay tanta información accesible, comercio de productos adecuados, acceso a tecnología en el campo de los alimentos y a cursos académicos de cerveza y de alimentos en general, aún se ven en las cervezas artesanales los mismos problemas que yo experimentaba en los albores de mi formación como cervecero? Después de varias conversaciones sostenidas con microcerveceros, me he dado cuenta que la curva del aprendizaje está llegando en estos momentos a un estancamiento. Todos ya conocen la parte visible del proceso cervecero; muchos se sienten orgullosos de haberlo logrado como autodidactas; y están trabajando muy intensamente para desarrollar su mercado de consumidores, donde en repetidas ocasiones la respuesta del cervecero a cualquier elemento extraño que se halle en la cerveza es generalmente: “porque la cerveza artesanal es distinta a la industrial”. Unos se conforman, otros lo desaprueban.

La Academia, la Microcervecería y más allá

En la PUCE, desde hace un año, se iniciaron los cursos para estudiantes de la carrera de biología donde se imparten los principios científicos y tecnológicos de la cervecería. En estas clases los alumnos del último año de la carrera integran los conocimientos adquiridos durante sus estudios de microbiología, bioquímica y biología molecular de manera que se enfoquen en una ciencia aplicada como la

ciencia cervecera. Los resultados de este aprendizaje han sido muy alentadores, puesto que además de ser la cervecería una plataforma científica y tecnológica muy sólida, permite a los estudiantes aprender, a lo largo de un semestre, un oficio muy rentable hoy en día y que podría ser el inicio de un negocio.

Además de ello, se profundiza en los temas más científicos no únicamente de la producción de la cervecería, sino de la valorización de los residuos que el proceso genera, como por ejemplo el grano residual, las aguas, las levaduras y restos de cerveza y mosto.

De ahí que, y como una consecuencia lógica, entramos en el campo de la biorrefinería: los residuos pueden ser fraccionados (descompuestos en sus moléculas constituyentes) y valorizados para obtener combustibles, materiales, alimentos y moléculas de uso industrial. Los estudiantes llevan a cabo sus tesis de licenciatura en temas como la producción de nanocelulosa a partir del bagazo de malta; la solubilización de proteínas contenidas en el desperdicio del proceso para su

**En la PUCE,
desde hace un
año, se iniciaron
los cursos para
estudiantes de
la carrera de
biología donde
se imparten
los principios
científicos y
tecnológicos de la
cervecería.**

aprovechamiento en alimentación humana y animal; la implementación de nuevas tecnologías de fermentación de cerveza y la lista puede continuar de forma indefinida, pues la cerveza es un líquido muy complejo que contiene moléculas interesantes como por ejemplo, los polifenoles que se emplean en cosmética y alimentación. Además, las cervezas residuales que normalmente son arrojadas por la cañería, si se las recupera pueden ser destiladas para producción de alcohol para desinfectar heridas o para limpieza en general.

Entre nuestros logros científicos se puede mencionar la producción de nanopartículas de celulosa provenientes del residuo sólido de las cervecerías. Dichas partículas han probado ser eficientes en clarificación y refinación del sabor de la cerveza. Las necesidades de energía al interior de la planta también pueden ser parcialmente cubiertas si aprendemos a emplear los residuos como combustibles mediante la transformación en bioetanol; también se podría generar materiales de embalaje que sean reciclables, entre muchos otros ejemplos. De esa manera y bajo la lógica de la economía circular, las cervecerías del futuro serán biorrefinerías que aprovechen todos sus efluentes sólidos, líquidos y gaseosos. La tecnología está en etapa de desarrollo en la PUCE.

Por esto, las clases de cervecería, que a primera vista se podrían confundir con algo netamente lúdico, en realidad tienen un trasfondo científico-tecnológico de alto valor y gran novedad; la formación de los estudiantes de la carrera de Ciencias Biológicas se complementa con acercamientos prácticos de este estilo y además genera nuevas posibilidades de negocios.

La PUCE abre sus puertas a los microcerveceros

A mediados de febrero de este año, la PUCE organizó el primer Simposio sobre desafíos tecnológicos de la microcervecería en Ecuador dedicado a los microcerveceros, donde se trataron temas de mucho interés para el gremio. Contamos con la presencia de un experto norteamericano en la producción de cervezas con alto contenido de amargo y aroma; además, participó un microcervecero demostrando el largo proceso que se requiere para alcanzar estándares de calidad en esta industria; los profesores del CNIB dimos también nuestro aporte enfocándonos en la microbiología cervecera y en los servicios que puede prestar la PUCE para mejorar la calidad de la cerveza artesanal.

El simposio contó con la asistencia de 45 cerveceros que valoraron de manera amplia el esfuerzo de nuestra universidad para con la comunidad de emprendedores de esta rama. Se solicitaron varios de nuestros servicios y también fueron

sugeridos cursos de formación continua. Ciertamente esto último es algo que ya venimos desarrollando desde hace un año con los estudiantes biólogos, y quizás es el momento de ampliarlo al gremio de productores de cerveza. Daremos pasos en esa dirección.

¿Cómo Hansen lo logró?

El minucioso trabajo de Hansen culminó en el aislamiento y selección de levaduras que desde entonces habrían de ser cultivadas y proliferadas por separado en condiciones de esterilidad, para evitar contaminaciones y así garantizar la estabilidad del producto lote tras lote (justamente lo que ahora no ocurre en la cervecería artesanal del Ecuador), este descubrimiento se basó en una tecnología novedosa para la época.

Hansen tomó mostos en fermentación donde él sabía que había una mezcla de cepas y especies de levaduras. Empezó a diluir de forma precisa los mostos hasta conseguir que haya una sola célula de levadura por cada 2 mililitros de líquido. Luego, hizo crecer cada



Emil Christian Hansen en su laboratorio en Carlsberg.

célula en frascos distintos llenos de mosto cervecero producido en la misma fábrica donde él desarrollaba su investigación. Al cabo de muchos experimentos de este tipo, Hansen finalmente encontró el frasco que contenía la célula adecuada; así Hansen pudo hallar la aguja escondida en el pajar. A esa cepa pura la denominaron *Saccharomyces carlsbergensis*, y es la levadura con la que se hacen al menos el 90% de las cervezas en el mundo en la actualidad.

Sin Hansen habríamos tardado mucho más en descubrir el misterio de las fermentaciones industriales y no habríamos entendido la importancia de la ecología microbiana y de poblaciones al interior de un reactor biológico. De no ser por el empeño de este hombre, la cerveza seguiría siendo un gran problema sin resolver y probablemente dicha industria no habría crecido de la manera que lo ha hecho a partir del descubrimiento de este científico. Esta historia nos muestra una vez más cómo el conocimiento junto con la intuición es un poder formidable. Ese es nuestro futuro reto: permitir que los microcerveceros ecuatorianos empiecen a pensar en grande mientras aprenden a mirar lo microscópico.☀



Simposio "Desafíos tecnológicos de la microcervecería en Ecuador". PUCE. 2016. Dra. (c) Patricia Portero Barahona, Dr. Javier Carvajal Barriga, Ing. Nelson Calle y Dr. Stephen Wagner.

La dinámica poblacional del frailejón, *Espeletia pycnophylla* Cuatrec., y los efectos de incendios e inundaciones

■ Dr. Tjitte de Vries y M. Sc. Álvaro Pérez
Laboratorio de Avifauna
tdevries@puce.edu.ec ajperezc@puce.edu.ec

Diez años después de que, en el volumen 7 de esta revista (2005: 45-50), formuláramos la pregunta: ¿Cuántos años viven los frailejones del páramo de El Ángel?, regresamos para informarles acerca de la dinámica poblacional de estos frailejones, conocidos con el nombre científico de *Espeletia pycnophylla*. Con este estudio a largo plazo, hemos comprobado que no solamente los incendios afectan la sobrevivencia y reclutamiento del frailejón, sino que también las inundaciones son causa de la muerte de ellos.

Paisajes diferentes

En las figuras 1 y 2, se ven claramente dos paisajes distintos. Mientras en la figura 1 se observan que frailejones que crecen en áreas no intervenidas mantienen las hojas secas alrededor del tronco, envuelto como un poncho para la defensa y protección contra frío, viento y sequía; en cambio en la figura 2, cuando se ha producido un incendio la planta resiste y sobrevive pero las hojas secas se queman y el tronco queda desnudo. En los

siguientes años, la planta crece y se notan las hojas secas nuevamente en la parte alta de la planta.

¿Por qué mueren los frailejones?

En el año 2008, por primera vez se observó que la dinámica de la

población del frailejón no solamente se ve afectada por incendios, sino también por exceso de agua debido a las inundaciones y a corrientes de agua. Las plantas mueren por falta de oxigenación en sus raíces y se notan que las hojas secas se quedan



Figura 1. Frailejones muertos por inundaciones, véase las hojas secas alrededor del tronco y el ápex sin vida.



Figura 2. Frailejones que resistieron un incendio, véase el tronco desnudo, pero el ápex con hojas vivas.

alrededor del tronco (Fig. 1). En cambio, cuando se produce un incendio el tallo queda desnudo pero en el ápice siguen creciendo las nuevas hojas (Fig. 2 y 4).

Dinámica de la población

La dinámica se expresa en las secuencias de las diferentes alturas del frailejón (en cohortes de 50 cm: 0-50, 50-100 hasta 350-400, un total de 8 cohortes o agrupaciones). En la Figura 3 demostramos el crecimiento en un cuadrante de 10 x 10 m (parcela 11) en los años 2006, 2010, 2013 y 2014, enfatizando con un círculo rojo el frailejón que crece hasta 334 cm en 2014. La Figura 4 presenta una parte de la parcela 11, en octubre de 2014 indicando el frailejón 18 de 334 cm, entre los números 19, 20, 21, 30 y 31. Esta dinámica también se puede expresar gráficamente como en la Figura 5 con los números de individuos agrupados según los rangos de los diferentes cohortes durante los años 2012-2015 y se observa el reclutamiento de las plantitas de 0-50 cm claramente en el año 2012 (12 plantitas entre 0-50 cm) y en octubre de 2014 solamente una plantita. La dinámica del crecimiento de estas plantas se refleja en esta figura como una ola en los diferentes cohortes terminando con 3 individuos en la categoría 300-350.

La época de floración ocurre principalmente en el mes de octubre. En marzo, la floración es poco o nada. De 38 plantas observadas en marzo y octubre de 2014, 3 (7.9%) florecieron en marzo, y 21 (55.3%) en octubre, con la observación de que las 3 florecidas en marzo continuaron con flores en octubre y crecieron también entre 33, 34 y 37 cm, respectivamente.

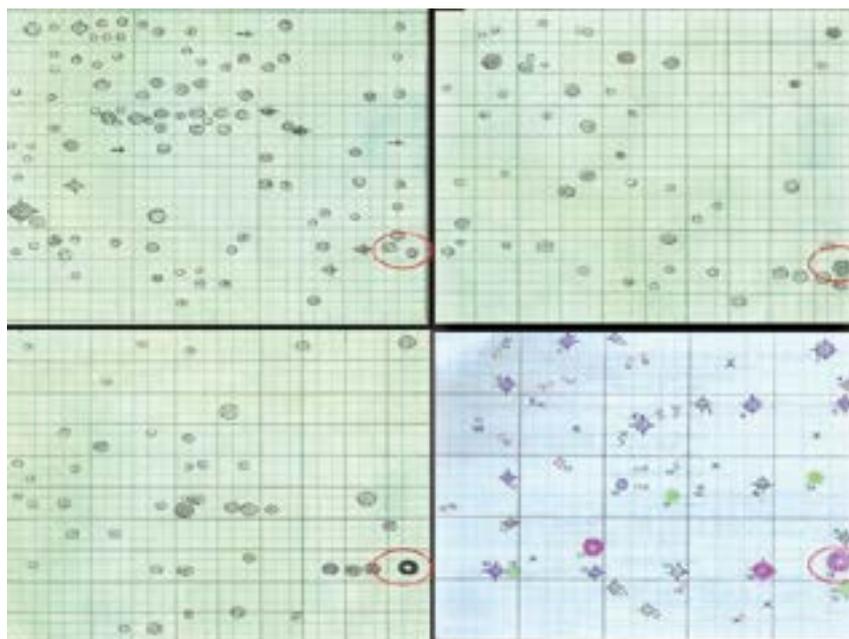


Figura 3. Crecimiento del frailejón número 18 en los años 2006, 2010, 2013 y 2014.



Figura 4. Paisaje dentro del cuadrante 11, indicando el frailejón 18, entre otros.

En algunos casos se nota menor crecimiento cuando en octubre se producen flores; por ejemplo, el frailejón 3 en octubre 2014 con flores, llega a la altura de 217 cm; a su vez, en marzo sin flores, su altura avanza a 240 cm (crece 23 cm). En octubre 2015 con flores, su altura es de 250 cm (crece 10 cm). Pudiera ser que la planta use la energía para la producción de flores; por esto, el tallo no crece mayormente. El frai-

lejón 43 es el del menor tamaño con flor, mide 95 cm.

La Figura 6a exhibe el paisaje en el cuadrante 11, el día 26 de abril de 2008, después de que en 2007 pasó un incendio por el área. El suelo está todavía en gran parte desnudo pero una gramínea, *Cortaderia nitida*, crece ya como una especie pionera. La Figura 6b indica el arbolito de *Monnina* muerto en la esquina del cuadrante. Hay dife-

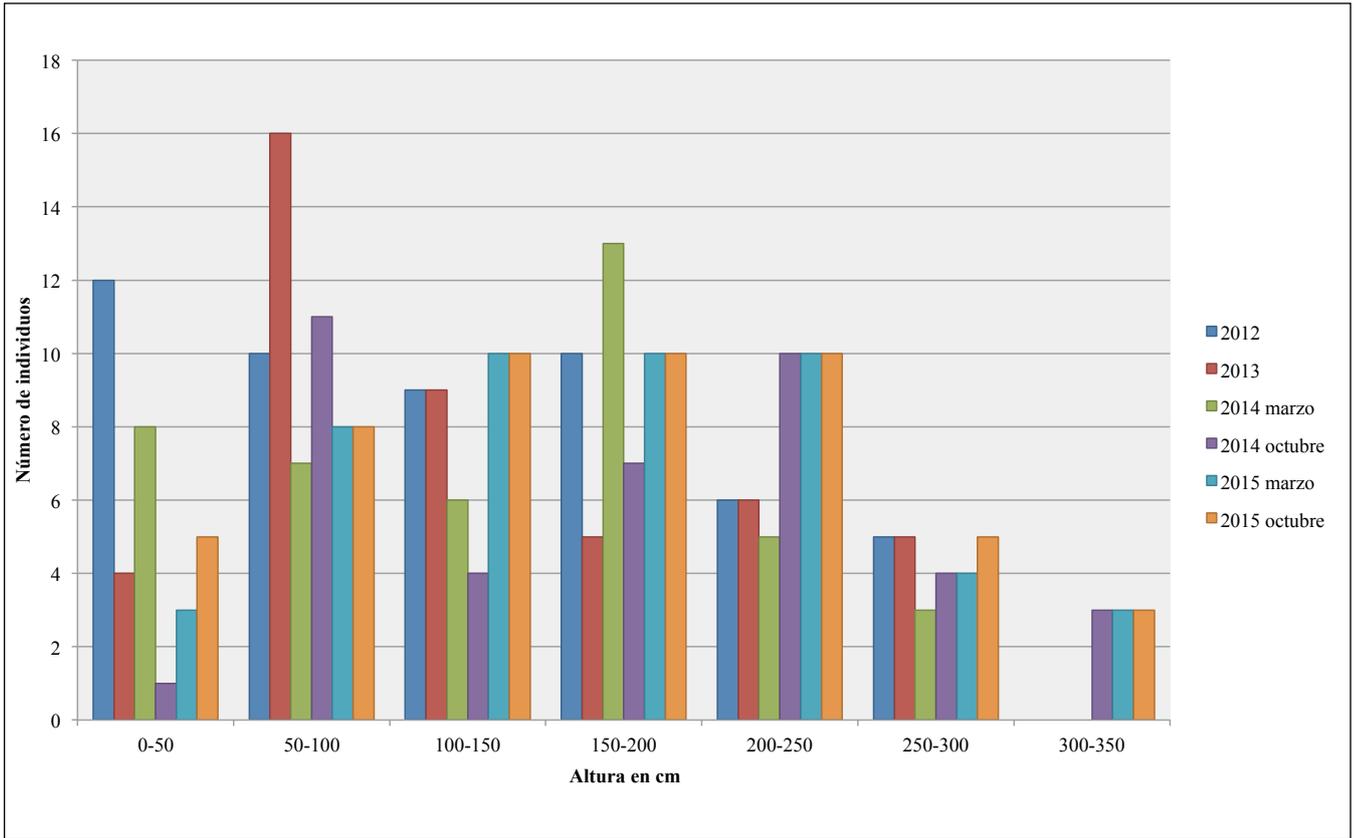


Figura 5. Individuos de *Espeletia pycnophylla* agrupados según su altura en diferentes años en el cuadrante n.º 11.

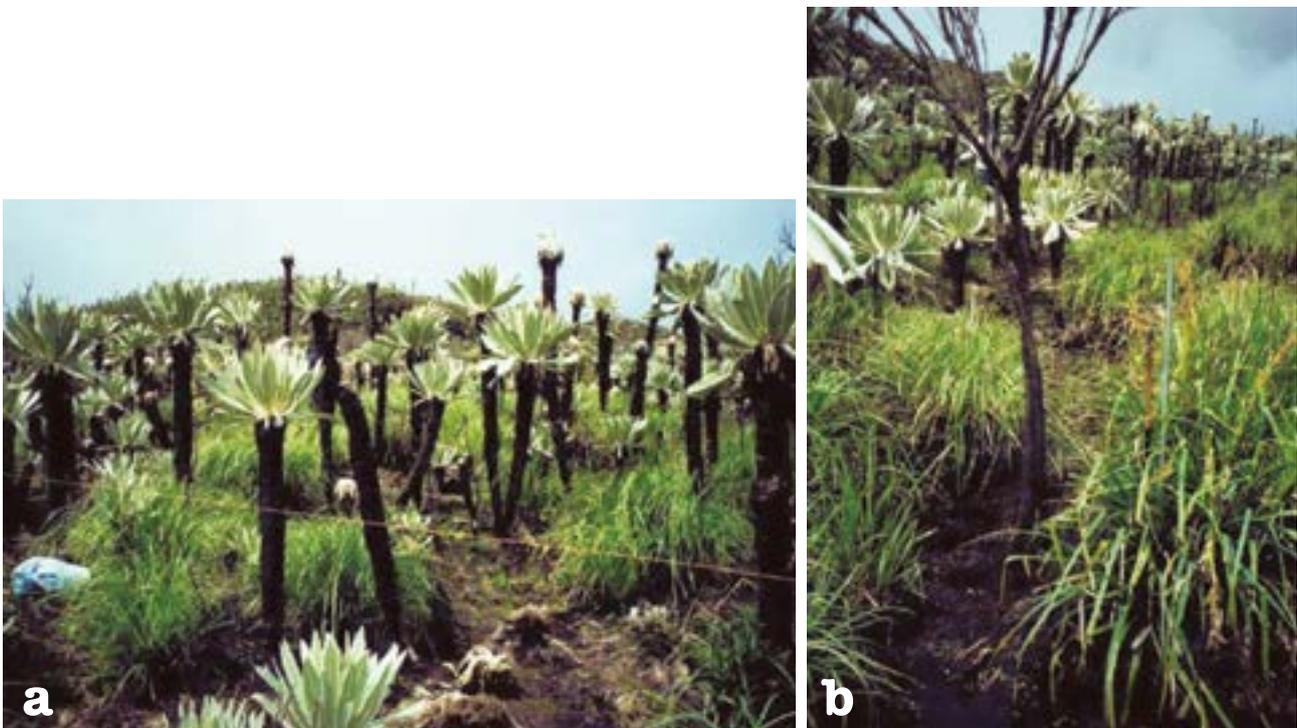


Figura 6 a. Cuadrante 11, 26 de abril del 2008, después de que en 2007 pasó un incendio, indicando el inicio de la recuperación de la vegetación con una planta pionera, *Cortaderia nitida*. 6 b. El arbolito *Monnina* muerto

rencias en qué tipo de planta pionera cubre primero el suelo como se nota en la Figura 7 en donde un helecho, *Blechnum loxense*, crece dominando el sitio.

Y... seguimos en esta fascinante faena

En medio de un paisaje prístino, en el que el frío y la soledad acechan, dos estudiantes dividen el cuadrante de 10 x 10 m en subcuadrantes de 1 m² para localizar y mapear a los persistentes frailejones. El páramo de El Ángel (Fig. 8), con colinas y hondonadas, nos invita a seguir estudiando a los *Espeletia pycnophylla* sin prisas pero sin pausas. ☀

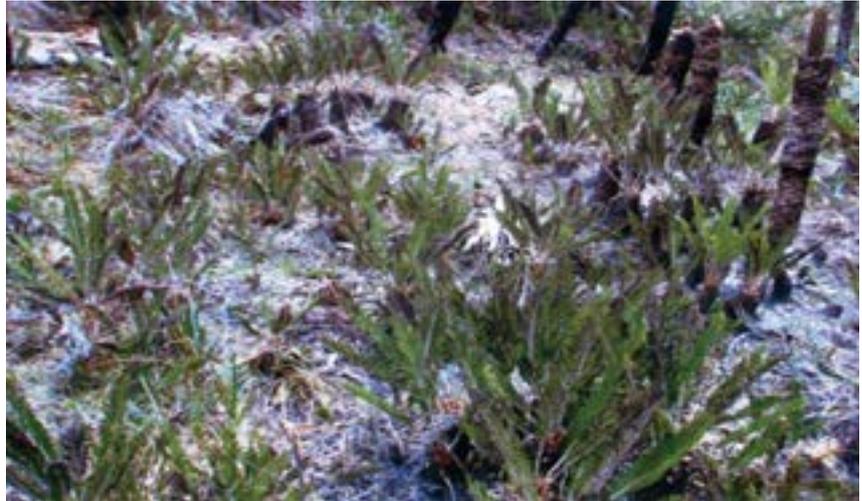


Figura 7. En el cuadrante 10, un helecho, *Blechnum loxense*, es pionero después del incendio.



Figura 8. Trabajando en un paisaje prístino.

DEDICATORIA

El tiempo no se detiene, avanza vertiginosamente, y los hechos pasados van quedando en la memoria del olvido. Sin darnos cuenta, han pasado ya seis años de la muerte de Jaime Jaramillo, el botánico “a todo a dar”, el científico cuya aspiración era que “la PUCE siga siendo la pionera en formar gente de calidad científica y humana (2002, 4: 51-52). El colega que estaba siempre dispuesto a trabajar en equipo para “realizar proyectos que represente para nuestro país la oportunidad de crecer social, científica y económicamente” (*Ibid.*). Por esto, durante más de veinte años, junto a su amigo entrañable, Tjitte de Vries, estudió con rigor y paciencia la dinámica poblacional del frailejón de El Ángel. Y en el año 2005, en las páginas de esta revista formularon esta pregunta: ¿Cuántos años viven los frailejones del páramo de El Ángel? Al cabo de diez

años de haber formulado esta interrogante, Tjitte de Vries, en honor a Jaime, ensaya una respuesta que seguramente no será la última porque a través del tiempo seguirá buscando nuevas respuestas.

Este artículo es la mejor forma de recordar al colega y amigo Jaime Lucio Jaramillo Asanza.

(Nota del editor).



Una flor endotérmica en los Andes del Ecuador

■ Por Lic. Erika Páez V¹, Dra. Sylvain Pincebourde², Dr. Rommel Montúfar³ y Dr. Olivier Dangles^{1,4}.
erika_paezv@hotmail.com sylvain.pincebourde@univ-tour.fr rjmontufar@puce.edu.ec olivier.dangles@ird.fr

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Quito, Ecuador. ²Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, UMR 7261, CNRS - Université François-Rabelais de Tours, 37200 Tours, France. ³Laboratorio de Ecología y Genética, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. ⁴Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR EGCE, IRD-247 CNRS-UP Sud-9191, 91198 Gif-sur-Yvette cedex, France.

La endotermia, un fenómeno presente no solo en los animales

Al preguntarnos sobre la producción de calor en la naturaleza, pensamos instintivamente en los mamíferos, las aves y en otros animales de “sangre caliente”. Nosotros, en tanto que mamíferos, somos conscientes y reconocemos nuestra capacidad para generar calor internamente, y de esta manera elevar nuestra temperatura corporal por encima de la temperatura ambiente a través de un proceso llamado endotermia.

Este fenómeno ha fascinado durante siglos a biólogos y naturalistas, y actualmente todavía tiene la capacidad de sorprender a los científicos, con nuevos descubrimientos sobre la incidencia y evolución de la endotermia en la naturaleza. Por ejemplo, en este año, se descubrió el primer pez absolutamente endotérmico (Wegner *et al.* 2015). La endotermia en este pez es una extraordinaria adaptación que le permite nadar intensamente en ambientes acuáticos muy fríos. En las plantas, la endotermia también está presente, puesto que desde la primera descripción de Lamarck (1778) sobre

la producción de calor en flores del cartucho (género *Arum*, *Araceae*), se han evidenciado diversos casos de generación de calor en ciertas especies que producen flores y semillas. Las causas para la evolución de la endotermia, tanto en plantas de regiones templadas como tropicales, sigue siendo un tema de debate; por lo que nuevas observaciones sobre esta adaptación, pueden constituir interesantes piezas en este rompecabezas evolutivo.

Este fenómeno ha fascinado durante siglos a biólogos y naturalistas, y actualmente todavía tiene la capacidad de sorprender a los científicos.

¿La palma de la tagua, productora del calor?

Desde la década de los 70, gracias a información derivada de las experiencias de los campesinos

que viven cerca de las poblaciones de palma de tagua (*Phytelephas aequatorialis*), se ha reportado en la literatura científica que sus flores producen calor (procesos denominado termogénesis). La palma de tagua, también conocida como palma de marfil o cade, es endémica del Ecuador y se distribuye en la región occidental de los Andes desde el nivel del mar hasta los 1600 metros en las estribaciones andinas. Es una especie de importancia económica ya que sus semillas son utilizadas en la industria productora de botones y en la fabricación de artesanías; además, con sus hojas se construyen los techos de cade (Montúfar *et al.* 2013).

La producción de calor ha sido descrita principalmente en plantas monoicas (Seymour 2010); es decir, plantas que poseen ambos sexos en un mismo individuo; por el contrario, la palma de la tagua es una planta dioica que tiene flores masculinas y femeninas separadas en individuos diferentes. Esto despertó nuestra curiosidad, en particular, dadas las diferencias morfológicas observadas entre flores masculinas y femeninas. Las inflorescencias masculinas nacen recubiertas de hojas protectoras (prófilo y bráctea) formando un pequeño capullo



Por Sylvain Pincebourde, Reserva Otonga Ecuador.

Figura 1. La inflorescencia masculina de la Tagua endémica, *Phytelephas aequatorialis*, alcanza una longitud de más de 2 m en 24 horas durante la apertura del capullo. El material color naranja en la parte superior de la imagen es el remanente del integumento del capullo.

o brote. Este capullo llega a adquirir hasta más de un metro de largo (Fig. 1) y posteriormente se abre longitudinalmente para extender hacia el exterior la inflorescencia masculina. La apertura del capullo ocurre mayoritariamente en la noche de tal manera que en pocas horas de abierto el capullo una larga inflorescencia tubular de más de 1 m de largo, con miles de flores y de un diámetro aproximado de 15 a 20 cm queda colgada de la corona de la palmera.

Las primeras aproximaciones científicas a este fenómeno botánico asociaron que el rápido crecimiento y expansión de la inflorescencia se debía a la producción de calor. En contraste, la inflorescencia femenina es inconspicua, formando un brote más modesto en tamaño que la reportada en los individuos masculinos, con una longitud aproximada de 30 cm, y donde no se había reportado producción de calor. A pesar que la tagua es una palma abundante en

la región costera de Ecuador, no se ha generado información científica describiendo el proceso de termogénesis ni tampoco el rol ecológico que esta plantea.

Datos preliminares sobre la endotermia vegetal en los Andes ecuatorianos

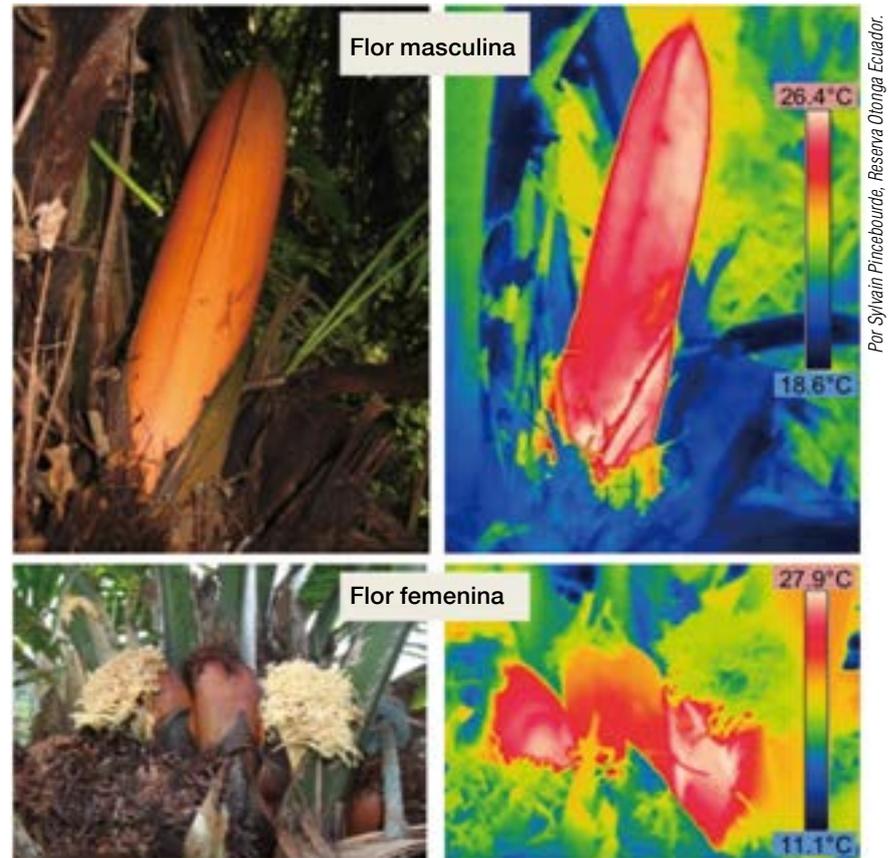
En febrero y junio del 2015, viajamos a la Reserva Otonga (incluyendo Otongachi), ubicada en las provincias de Pichincha y Cotacachi, con el objetivo de registrar la producción de calor en inflorescencias masculinas y femeninas de la palma de la tagua, con la ayuda de una cámara infrarroja y una gran cantidad de *data loggers* (dispositivos que registran datos ambientales) lo suficientemente pequeños para poder ser insertados en las flores y de esta manera registrar continuamente su temperatura. El primer desafío fue el encontrar las inflorescencias, que generalmente suelen estar escondidas en la corona de las palmas y sobre los 5 m del suelo. Además, las flores son efímeras, es decir las inflorescencias masculinas se descomponen después de 24 horas de la *antesis*, y las femeninas duran varios días. Los individuos florecen durante todo el año, pero las palmas con flor están distribuidas al azar en todo el bosque, por lo que los agricultores locales nos ayudaron a identificar a los candidatos óptimos.

Inicialmente, y en base a la literatura disponible, esperábamos que la inflorescencia refleje calor con las lecturas de la cámara infrarroja; sin embargo, esto no fue lo observado ya que las inflorescencias abiertas no estaban particularmente tibias como lo esperado. No obstante, pronto nos dimos cuenta, en las imágenes infrarrojas, de la presencia de un punto rojo brillante en la

base de los órganos florales, correspondiente al capullo (Fig. 2). En la literatura reportada se manifiesta que el calor proviene de la inflorescencia, pero para nuestra sorpresa, el calor no era generado en las flores, sino más bien en los tejidos del capullo. Esto fue particularmente evidente en las imágenes infrarrojas de las flores femeninas, en donde la superficie del capullo (compuesto de hojas modificadas anaranjadas en la base de la inflorescencia llamadas brácteas) estaba tibia, mientras que las flores permanecían a temperaturas cercanas a la del ambiente (Fig. 2).

Antes de su apertura, los capullos maduros (previos a la *antesi*) de las flores masculinas y femeninas miden alrededor de 40 cm y 15 cm de largo, respectivamente; y encierran firmemente a la flor con sus brácteas anaranjadas (Fig. 2; capullo masculino), que permanecen en la base de las flores después de su apertura (Fig. 2; capullo femenino). Sorpresivamente, la producción de calor detectada por las cámaras infrarrojas y *datalogger* no fue similar entre capullos masculinos y femeninos, más bien el capullo femenino presentó temperaturas de hasta 20 °C sobre la temperatura del ambiente; y el capullo masculino mostró temperaturas de hasta 10 °C. Este calor en exceso es equivalente a la temperatura corporal mantenida por la mayoría de aves y mamíferos.

La mayor sorpresa representó el patrón temporal de temperatura del capullo, que fluctuaba ligeramente a pesar de la amplia de variación de la temperatura ambiente. Con datos de temperatura tomados al interior del capullo y a intervalos de 5 minutos durante 3 días consecutivos, se registró en las inflorescencias masculinas una temperatura inter-



Por Sylvain Pincebourde, Reserva Otonga Ecuador.

Figura 2. Fotografías (izquierda) e imágenes termográficas (derecha) de un capullo de la flor masculina (superior) y flor femenina (inferior). Las imágenes infrarrojas muestran la temperatura superficial. La temperatura dentro de los capullos es superior a la de la superficie. Tres inflorescencias femeninas a diferentes estadios fenológicos se muestran en la imagen, de izquierda a derecha, senescente y recientemente abierta.

na promedio del capullo de 37 °C \pm 2 °C, mientras que la temperatura ambiente fluctuaba diariamente entre 17 °C y 28 °C. ¡Sorprendente, la temperatura del capullo es similar a la temperatura corporal de los humanos y se mantiene constante a pesar de las fluctuaciones de temperatura del ambiente! Esta observación sugiere que la temperatura es altamente regulada en los tejidos del capullo (brácteas); sin embargo, esta regulación desaparece una vez que los capullos se abren.

¿Cuál es la función biológica de la endotermia en esta palma?

Las elevadas temperaturas observadas podrían ser el resultado de un rápido crecimiento de las estruc-

turas florales internas (pedúnculo floral, pedicelo y flores) o bien podrían promoverlo (Ervik and Barfod 1999). Después de la apertura del capullo, las flores masculinas de la palma de la tagua se expanden a una tasa excepcional de aproximadamente 8 cm por hora durante la noche hasta adquirir un largo aproximado de 1m. Por el contrario, las estructuras florales femeninas, las cuales presentan un mayor incremento en temperatura, son de tamaño pequeño y por lo tanto, la producción de calor no estaría relacionada con la tasa de crecimiento de las inflorescencias. El calor podría ser producido ya sea como una señal térmica directa (Ervik y Barfod 1999), como una recompensa

térmica (Seymour *et al.* 2003) o para maximizar la liberación de químicos volátiles atrayentes (Terry *et al.* 2007). Eso sí, es necesario identificar a los verdaderos polinizadores para responder esta pregunta. Una gran cantidad de individuos de diversas especies se alimentan del polen de las flores masculinas durante el día, posteriormente a la apertura del capullo y hasta después de que la temperatura de la flor ya ha decaído. Sin embargo, después de muchas horas de observación en el campo, nos percatamos de que una sola especie del género *Trigona* (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae), comúnmente conocida como meliponino o abeja sin aguijón, visitaba ambas flores masculinas y femeninas antes de su apertura. Se la observó volando alrededor de los capullos y caminando sobre el surco en la zona apical del mismo.

Este descubrimiento genera tres hipótesis para explicar la función de la producción de calor en esta palma. Primera: las abejas se beneficiarían nutricionalmente del néctar exudado del capullo, como es el caso de una especie de meliponino australiano que mantiene su temperatura corporal lo suficientemente elevada para poder volar, gracias a la ingestión del néctar que está tibio (Norgate *et al.* 2010). Sin embargo, nosotros no observamos ningún líquido saliendo del surco del capullo. Segunda: los meliponinos podrían ser capaces de percibir las señales infrarrojas y, por lo tanto, ser atraídos directamente por esta “señal caliente”. Una especie de meliponino de Brasil es conocida por poseer sensores de temperatura, lo cual les permite detectar objetos calientes (Veiga Ravaiano *et al.* 2014). Tercera: el calor emitido por los capullos promovería la liberación de

grandes cantidades de compuestos volátiles de atracción. El olor de las flores atrae una gran cantidad de visitantes, pero los compuestos químicos volátiles del capullo deberían ser específicos para la especie de meliponino a la cual se dirigen.

La endotermia en las plantas evolucionó en respuesta a condiciones climáticas adversas (Knutson 1974) o a presiones selectivas

Estudios adicionales sobre la relación entre la producción de calor de esta palma y sus polinizadores proveerían más evidencias acerca del mecanismo por el cual evolucionó la endotermia en las plantas.

impuestas por los polinizadores (Seymour y Schultze-Motel 1997). Nosotros reportamos aquí una de las primeras observaciones de endotermia en una planta dioica (ver Seymour 2010). De este descubrimiento surgen varias preguntas sobre la regulación fina de la temperatura del capullo en las palmas masculinas y femeninas en relación a la necesidad de atraer a los meliponinos. ¿Actúan las presiones selectivas para la endotermia de la

misma manera sobre las flores masculinas como sobre las femeninas? ¿Por qué los capullos producen calor por algunos días antes de florecer? ¿Qué tan específicos son el calor y/o las señales químicas? ¿Qué sucede si los capullos femeninos y masculinos alcanzan diferentes temperaturas?

La palma de la tagua produce la flor más grande generadora de calor en el planeta. Los capullos de los machos pesan algunos kilogramos, mientras que el record anterior para las flores productoras de calor es de 600 g (Seymour 2010). Por lo tanto, este organismo constituye un sistema modelo que es ideal para estudiar el gigantismo en la endotermia de las plantas. Estudios adicionales sobre la relación entre la producción de calor de esta palma y sus polinizadores proveerían más evidencias acerca del mecanismo por el cual evolucionó la endotermia en las plantas.

Literatura consultada

- Ervik F. and Barfod A. 1999. Thermogenesis in palm inflorescences and its ecological significance. *Acta Bot Venez* 22: 195–212.
- Lamarck JB. 1778. *Araceae*. In *Flore française* 3. L'imprimerie Royale, Paris. pp. 537–539.
- Montúfar R., Brookamp G. and Jácome J. 2013. *Tagua*. *Phytelephas aequatorialis*. Chap. 13. In: Valencia et al. (eds.) *Palmeras Ecuatorianas: Biología y Uso sostenible*. Publicaciones del Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Seymour RS., White CR. and Gibernau M. 2003. Heat reward for insect pollinators. *Nature* 426: 243–244.
- Terry I., Walter GH., Moore C., Roemer R. and Hull C. 2007. Odor-mediated push-pull pollination in cycads. *Science* 318: 70. 🌟

Análisis químicos relacionados con las erupciones volcánicas

■ Por Dra. Lorena Meneses Olmedo
Escuela de Ciencias Químicas
lmmeneses@puce.edu.ec

A propósito de la reciente activación de los volcanes Tungurahua, Cotopaxi y Reventador, es importante saber qué papel puede jugar un Químico en los análisis de los procesos eruptivos.

Ecuador posee varios centros volcánicos activos. Las erupciones de estos volcanes han afectado tanto a lugares cercanos como a lejanos, debido a los diferentes productos emitidos. El Valle Interandino y la región Costa han sido afectados principalmente por la caída de ceniza, que es el producto mayoritario que se emite en una erupción volcánica explosiva.

Se podría pensar que un Químico no tiene mucho que hacer en este campo, que es más bien un campo de los Geólogos o los Vulcanólogos. Sin embargo, para monitorear un volcán, caracterizar el tipo de erupción e, incluso, para datar la fecha de una erupción volcánica, es necesario hacer ciertos análisis químicos que permiten responder a varias inquietudes de los Geólogos y los Vulcanólogos. Es ahí donde entramos los Químicos y nuestros conocimientos.

Volcanismo en el Ecuador [1]

Ecuador, junto con Colombia, forma parte de los Andes Septen-

trionales. En Ecuador, la altura de las cadenas montañosas varía entre 3500 y 6000 metros sobre el nivel del mar (msnm), una longitud de 650 km y un ancho de 150 km aproximadamente. Está formada por dos Cordilleras paralelas, la Oriental o Real y la Occidental, que se encuentran separadas por el Valle Interandino.

Las dos Cordilleras y el Valle Interandino han sido los sitios del volcanismo, caracterizado por la formación de un gran número de volcanes. Adicionalmente, se reconoce otra zona de volcanismo: el Tras Arco, que se ubica al pie oriental de la Cordillera Oriental, en la zona sub-andina.

Los centros eruptivos localizados en la Cordillera Occidental se sitúan sobre rocas de plateau oceánico y volcánico-sedimentos que conforman el basamento de la Cordillera. Los centros se presentan con distancias entre 30-35 km entre sí. Las erupciones más importantes y recientes han sido las de los volcanes Quilotoa, Guagua Pichincha, Pulumahua, Ninahuilca y Cuicocha.

Los centros volcánicos lo-

calizados en la Cordillera Oriental se desarrollaron sobre rocas metamórficas mesozóicas y volcánicas terciarias tardías. La altura varía entre 4700 y 5900 msnm. Varios han presentado colapsos sectoriales sucesivos como los volcanes Tungurahua, Cotopaxi y Reventador. Los volcanes Antisana y Cayambe también pertenecen a este grupo; sin embargo, su actividad no ha sido tan frecuente como los anteriores. La actividad característica de estos volcanes es la generación de flujos de lava, flujos piroclásticos, caída de ceniza y escoria, con una dirección preferencial hacia el occidente, debido al régimen de los vientos dominantes.

Los volcanes pertenecientes al Valle Interandino son antiguos. Los volcanes Ilaló, Pasochoa y Rumiñahui representan centros volcánicos del Pleistoceno. Otros volcanes de este grupo son Cusín, Mojanda,



Figura 1. Volcán Cotopaxi antes que entre en proceso eruptivo. Secretaría de Gestión de Riesgos, Consultado el 15 de diciembre de 2015.

Fuya Fuya, Imbabura, Igualata, Llimpi-Huisla. La altura varía entre 3800 y 4700 msnm. Varios de ellos presentan remanente de calderas con domos.

Los volcanes del Tras Arco se encuentran en la Amazonía, al este de la Cordillera Oriental. Son volcanes alcalinos, cuya altura varía entre 2000 y 4000 msnm. El volcán Sumaco es un claro ejemplo de este grupo. Otros volcanes representativos son el Cerro Negro de Yanahurco y Pan de Azúcar.

Clasificación de las erupciones[2]

Para conocer la dimensión de una erupción, los productos emitidos, el volumen depositado y la distribución de la superficie terrestre, se debe hablar del Índice de Explosividad Volcánica (VEI, por sus siglas en inglés)[3].

Erupciones volcánicas con VEI igual o mayor a 4 son eventos de gran magnitud, producen depósitos de flujos piroclásticos, depósitos de caída de ceniza, etc., material que llega a depositarse hasta cientos de kilómetros del centro de emisión. En la Tabla 1 se muestra la clasificación general de los VEI.

En el Ecuador, varias erupciones han alcanzado el nivel 4, de manera que es posible encontrar depósitos de ceniza muy bien conservados en varias regiones del país.

Las erupciones volcánicas pueden desencadenar una serie de eventos que producen grandes volúmenes de material expulsado. Una erupción puede ser cuantificada a través de su magnitud, o sea la masa de material emitido, y de su intensidad, que se refiere a la velocidad de emisión. Estos parámetros son importantes para determinar cuán grande es una erupción, y también para caracterizarla en función de su explosividad. Los dos tipos principales de erupción son la efusiva y la explosiva.

Una erupción efusiva se refiere a una poco o nada explosiva, donde el magma o roca fundida es emitida desde el centro volcánico formando derrames o coladas de lava. Los principales productos de este tipo de erupción son los flujos de lava y los domos o montículos de magma.

La erupción explosiva corresponde a un magma en el que están disueltos muchos compuestos volátiles, que al erupcionar provocan la fragmentación. Este tipo de erupción pueden generar varios mecanismos de transporte, como flujos de masa (flujos piroclásticos), flujos de tracción (surges u oleadas) y nubes de suspensión (ceniza). Los principales productos de una erupción explosiva son las siguientes: tefra o partículas y fragmentos de magma sólido (ceniza), flujos piroclásticos y avalanchas de escombros.

Cenizas volcánicas[4]

El material piroclástico puede causar efectos dañinos en la población, la caída de ceniza puede afectar la vida diaria de las comunidades y provocar devastación total en áreas cercanas a un volcán. Además, la ceniza fina y los aerosoles se esparcen en la estratósfera y pueden modificar el clima incluso varios años después de la erupción. Debido a estas razones, es importante estudiar las características físicas, químicas y el comportamiento en la atmósfera de la ceniza.

Los análisis de ceniza pueden ser físicos (óptico y bajo microscopio) o químicos (análisis de elementos mayores y de elementos traza).

El estudio óptico de cenizas permite caracterizarlas en términos de tamaño, forma, vesicularidad, color, angularidad, mineralogía, etc.

Los análisis químicos, por otro lado, permiten conocer la composición de la ceniza, que es importante tanto para el monitoreo de la actividad de un volcán, como para identificar procesos eruptivos anteriores.

Dentro de los elementos mayores se consideran el óxido de silicio (SiO_2), óxido de potasio (K_2O), óxido de aluminio (Al_2O_3), óxido de titanio (TiO_2), óxidos de hierro (Fe_2O_3 y FeO), óxido de magnesio (MgO), óxido de calcio (CaO), óxido de manganeso (MnO), óxido de

Tabla 1. Clasificación del índice de explosividad volcánica[3]

Índice VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Descripción general	No Explosiva	Pequeña	Moderada	Moderada-grande	Grande	Muy grande			
Descripción cualitativa	Gentil	Efusiva	Explosiva		Cataclísmica				
Volumen máximo de ceniza (m ³)	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹³
Altura de la columna eruptiva (km)	<0,1	0,1-1,0	1-5	3-15	10-25	>25			

sodio (Na_2O) y óxido de fósforo (P_2O_5).

Los elementos traza que se analizan son níquel (Ni), cromo (Cr), escandio (Sc), vanadio (V), bario (Ba), rubidio (Rb), estroncio (Sr), zirconio (Zr), itrio (Y), niobio (Nb), lantano (La), cerio (Ce), torio (Th), cobalto (Co), samario (Sm), europio (Eu), gadolinio (Gd), disprosio (Dy), erbio (Er), iterbio (Yb) y neodimio (Nd).

Los métodos utilizados para analizar elementos mayores son la Fluorescencia de Rayos X (XRF, por sus siglas en inglés) y la Espectrometría de Absorción Atómica (AAS, por sus siglas en inglés). Para el análisis de elementos traza se utiliza la Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-AES, por sus siglas en inglés).

Gases liberados durante una erupción

En las erupciones volcánicas se liberan gases que pueden variar en cada volcán. El magma contiene gases disueltos que son liberados en las erupciones hacia la atmósfera, normalmente tóxicos y peligrosos. Estos gases pueden causar efectos nocivos en áreas cercanas al volcán, especialmente en un radio cercano de 5 kilómetros.

Los componentes principales de los gases volcánicos son el vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), sulfuros como el dióxido de azufre (SO_2) (gases volcánicos de alta temperatura) o sulfuro del hidrógeno (H_2S) (gases volcánicos a baja temperatura), nitrógeno (N), argón (Ar), helio (He), neón (Ne), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H_2).

Otros compuestos detectados en gases volcánicos son oxígeno (O_2 meteórico), cloruro de hidrógeno (HCl), fluoruro de hidrógeno (HF),

Figura 2. Volcán Cotopaxi en proceso eruptivo. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Consultado el 15 de diciembre de 2015.



<http://www.igepn.edu.ec>

bromuro de hidrógeno (HBr), óxidos de nitrógeno (NO_x), hexafluoruro de azufre (SF_6) y compuestos orgánicos. Hay también rastro de compuestos que incluyen el mercurio (Hg), clorofluorocarbonos (CFCs) y radicales metílicos de óxido de halógenos.

Muchos de estos gases pueden ser analizados por métodos electroquímicos, a través de equipos analizadores de gases (CO , CO_2 , O_2 , NO_x , SO_2). Otros requieren ser derivatizados para ser analizados por espectrofotometría (H_2S). Pero para cada caso, es necesario disolver el gas y escoger el método idóneo para su identificación y cuantificación.

La mayor parte del cloruro de hidrógeno (HCl) y el fluoruro del hidrógeno (HF), se disuelven en las gotas de agua de la nube generada por la erupción, y caen a la Tierra como lluvia ácida. Las emisiones de gas de los volcanes son un contribuidor natural a la lluvia ácida.

Las erupciones volcánicas explosivas emiten grandes cantidades de dióxido de carbono y proporcionan así una fuente importante de carbón para los ciclos biogeoquímicos, aumentando el efecto invernadero. La actividad volcánica lanza cerca de 130 a 230 teragramos de dióxido de carbono al año.

Conclusión

Como se puede ver, tanto la ceniza, como los gases emitidos du-

rante una erupción volcánica, pueden provocar daños importantes a la salud de personas y animales, a la vegetación y al medio ambiente en general. Es importante, por lo tanto, el aporte que puede hacer un Químico, al caracterizar las cenizas y los gases producto de una erupción volcánica, para contribuir a reducir el riesgo en la salud, para conocer el carácter de una erupción y para ayudar en el monitoreo de los volcanes y prevenir desastres.

Literatura consultada

- [1] Hall, M., Samaniego, P., Le Pennec, J., Jonhson, J. (2008) Ecuadorian Andes volcanism: A review of late Pliocene to present activity, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176, 1-6
- [2] Vallejo, S. (2011) Distribución de las cenizas volcánicas Holocénicas-tardías en la costa del Ecuador, Tesis de pregrado para la obtención del título de Ingeniería Geológica, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- [3] Newhall, C. Self, S. (1982) The volcanic explosivity index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism, *Journal of Geophysical Research*, 87, 1231-1238
- [4] Secretaría de Gestión de Riesgos, <http://www.gestionderiesgos.gob.ec>. Consultado el 15 de diciembre de 2015
- [5] Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, <http://www.igepn.edu.ec>. Consultado el 15 de diciembre de 2015. ☀

De lo nano a la medicina

■ Por Lcdo. Danny Ganchala y M. Sc. María Fernanda Pilaquinga
Laboratorio de Nanotecnología PUCE
dxganchala@hotmail.com; mfpilaquingaf@puce.edu.ec

Las referencias primitivas del término “nanomedicina” estaban relacionadas a una idea enfocada en el rol y función de “pequeños robots”, en el beneficio que podrían proveer a la práctica médica en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. La nanomedicina surge como una de las subdisciplinas más importantes dentro del campo de la nanotecnología. En un reciente informe de la Fundación Europea de la Ciencia (ESF, por sus siglas en inglés), la nanomedicina se define como “la ciencia y tecnología del diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades y heridas traumáticas, para aliviar el dolor, preservar y mejorar la salud humana, usando herramientas moleculares y conocimiento molecular del cuerpo humano”. Por otro lado, la Revista Internacional de Nanomedicina adopta una definición mucho más general: “Nanomedicina es el uso de materiales, de los cuales al menos una de sus dimensiones que afecta su función, está en el intervalo de 1-100 nm para un fin terapéutico específico o diagnóstico.”

Los avances de la Nanotecnología en la medicina constituyen una contribución muy amplia en un sinnúmero de campos. En este artículo se expondrán brevemente

“Nanomedicina es el uso de materiales, de los cuales al menos una de sus dimensiones que afecta su función, está en el intervalo de 1-100 nm para un fin terapéutico específico o diagnóstico.”

las subdisciplinas más importantes en la Nanomedicina, tales como: técnicas analíticas y herramientas de diagnóstico; nanoimagen y manipulación; nanomateriales y nanodispositivos para terapias e implantes; desarrollo farmacéutico como sistemas de liberación de medicamentos; y usos clínicos en relación a asuntos regulatorios y toxicológicos.

Técnicas analíticas y herramientas de diagnóstico

El diagnóstico de una enfermedad es la etapa más crítica en el cuidado de la salud. Con la Nanomedicina existe la posibilidad de mejorar los diagnósticos haciéndolos más

rápidos, específicos, precisos, menos invasivos, al mismo tiempo minimizando los riesgos de presentar “falsos positivos”.

Los nanomateriales presentan efectos cuánticos singulares que pueden ser utilizados para amplificar la señal, aumentando la detección. Por esto, el uso *in vivo* de dispositivos miniaturizados mejora los análisis, su rendimiento y su rapidez. Muchos de estos materiales incluyen a los biosensores, *microarrays* y “laboratorios en un chip” (LOC, lab-on-a-chip por sus siglas en inglés), también llamados sistemas de herramientas miniaturizadas de análisis total (μ TAS, por sus siglas en inglés).

Nanoimagen y Manipulación

El segundo paso en el diagnóstico de una enfermedad involucra la obtención de imágenes *in vivo*, que busca identificar la enfermedad dentro del tejido en el que se sospecha una infección, sin necesidad de realizar procedimientos quirúrgicos. La ciencia de la imagen molecular consiste en representar visualmente, caracterizando y cuantificando, procesos (sub)celulares en organismos intactos. Estos procesos incluyen la expresión genética, interacción entre proteínas, transducción de señales, metabolismo celular y tráfico intra y extracelular. A través de las imágenes

moleculares se pueden cuantificar estos eventos en las tres dimensiones espaciales y monitorearlos a través del tiempo.

La Nanotecnología ha tenido gran impacto en esta área, particularmente en el desarrollo de agentes moleculares de imágenes. Estas mejoras involucran la capacidad de rastrear cambios a nivel molecular y celular a través del análisis de marcadores biológicos específicos (nanoimagen). Un biomarcador es un indicador de un estado o proceso biológico, como una enfermedad o una respuesta a una intervención terapéutica. El objetivo es descubrir los biomarcadores de las enfermedades antes del inicio de los primeros síntomas, haciendo que las imágenes *in vivo* se conviertan en una herramienta de detección temprana.

Metales paramagnéticos como el gadolinio, hierro, cromo y manganeso se usan para mejorar en contraste en las imágenes de resonancia magnética nuclear (MRI, por sus siglas en inglés), debido a que tienen campos magnéticos permanentes, aunque sus momentos magnéticos estén desfasados. Después de la exposición a un campo magnético externo, los momentos se alinean generando un fuerte campo magnético local, resultando en un aumento en la señal de los protones, creando una imagen más “brillante”. Los materiales superparamagnéticos contienen un núcleo inorgánico de óxido de hierro, como la magnetita, la maghemita u otros ferritos insolubles que generan momentos magnéticos más grandes que los de iones individuales de hierro. Este tipo de materiales son de interés en las aplicaciones *in vivo*, que ya no pierden su momento después de que han sido retirados de un campo magnético,

pudiendo diferenciarse de los que han estado en tejidos saludables o en tejidos dañados. En general, estas partículas son catalogadas en base a su diámetro nominal en óxidos de hierro superparamagnéticos (50-500 nm) y partículas de hierro supraparamagnéticas ultra pequeñas (<50 nm), lo que determina sus propiedades fisicoquímicas y farmacocinéticas. Las primeras partículas ultra pequeñas fueron desarrolladas a finales de los años ochenta y desde entonces se han producido una variedad de partículas tanto en tamaño como con diferentes recubrimientos. Estas partículas han sido útiles en varias

Las primeras partículas ultra pequeñas fueron desarrolladas a finales de los años ochenta.

aplicaciones, incluyendo la obtención de imágenes en el tracto gastrointestinal, hígado, bazo, nódulos linfáticos y tumores intercraniales.

Paralelo al desarrollo del equipamiento analítico, la investigación clínica va generando nuevos agentes de nanoimagen. Estos incluyen nanopartículas sintéticas (dendrimeros y nanopartículas poliméricas) y nanopartículas biológicas (nanoorganismos). En el futuro, estas herramientas de imagen serán más complejas, combinando varios sistemas de contraste y rastreo (puntos cuánticos, nanocápsulas, nanocoloides) con ligandos específicos. Para estos sistemas de nanopartículas dirigidas, éstas pueden requerir modificaciones adicionales

en su superficie y ligandos, lo que conlleva desafíos adicionales en la caracterización fisicoquímica, la evaluación de su toxicidad y en la seguridad de su uso.

Nanomateriales y nanodispositivos

Uno de los campos más estudiados dentro de la aplicación de las nanopartículas es la plataforma para la terapia del cáncer, donde la Nanotecnología ofrece la oportunidad de mejorar las terapias convencionales. Entre los más claros ejemplos en donde la Nanotecnología está involucrada se pueden indicar la termoterapia, la terapia fotodinámica, la quimioterapia y la radioterapia

En general, la *termoterapia* se refiere a la hipertermia así como a la terapia de ablación termal. La hipertermia está basada en el hecho de que las células tumorales son más sensibles que los tejidos sanos a los incrementos de temperatura. Involucra el calentamiento de los tumores a temperaturas entre los 41 °C y 45 °C induciendo un daño casi irreversible a células y tejidos. Para la terapia de ablación termal se aplican temperaturas más altas que van de los 50°C a los 70 °C, llevando a la destrucción de todas las células patológicamente degeneradas.

Otra aproximación, usa campos magnéticos en conjunto con nanopartículas magnéticas, como las nanopartículas superparamagnéticas de óxido de hierro, cuya estructura se puede observar en la micrografía SEM de la Figura 1 (~15 nm diámetro) o liposomas catiónicos de magnetita (~10-40 nm de diámetro). Estas nanopartículas permanecen inactivas hasta que se aplica en la zona de tratamiento un campo magnético localizado. Con una alternancia en el campo mag-

nético se genera calor dentro de las nanopartículas lo que hace que los tejidos cancerosos se destruyan. La cantidad de calor generado dependerá del tipo de partícula, así como de la frecuencia y de la fuerza del campo magnético aplicado.

Desarrollo farmacéutico y sistemas de liberación controlada de medicamentos

Los avances en el campo de la farmacología se dividen principalmente en dos: en el desarrollo de nuevos medicamentos biológicamente activos (descubrimiento de nuevos principios activos) y en el perfeccionamiento de los sistemas de liberación de los mismos.

La estructura de las macromoléculas biológicas define un nanoambiente tridimensional que es el intermediario de funciones específicas en la célula. El diseño de nuevos medicamentos requiere una comprensión detallada de este nanoambiente. Por lo tanto, conocer de forma más profunda la estructura de macromoléculas a nivel nanométrico, por las diferentes técnicas de microscopía, es de vital importancia para comprender procesos biológicos y poder desarrollar nuevas medicinas. En la Tabla 1 se describen algunos nanosistemas utilizados en el desarrollo y liberación controlada de principios activos.

Hay tres objetivos principales en los sistemas de liberación de medicamentos en la actualidad: hacer de la diana y la entrega de fármacos más específicos; generar mayor seguridad y biocompatibilidad con el organismo, y desarrollar más rápidamente y de forma segura los medicamentos.

Con la Nanotecnología, los medicamentos dirigidos (en términos de composición y sistema de liberación) se han vuelto una realidad. El

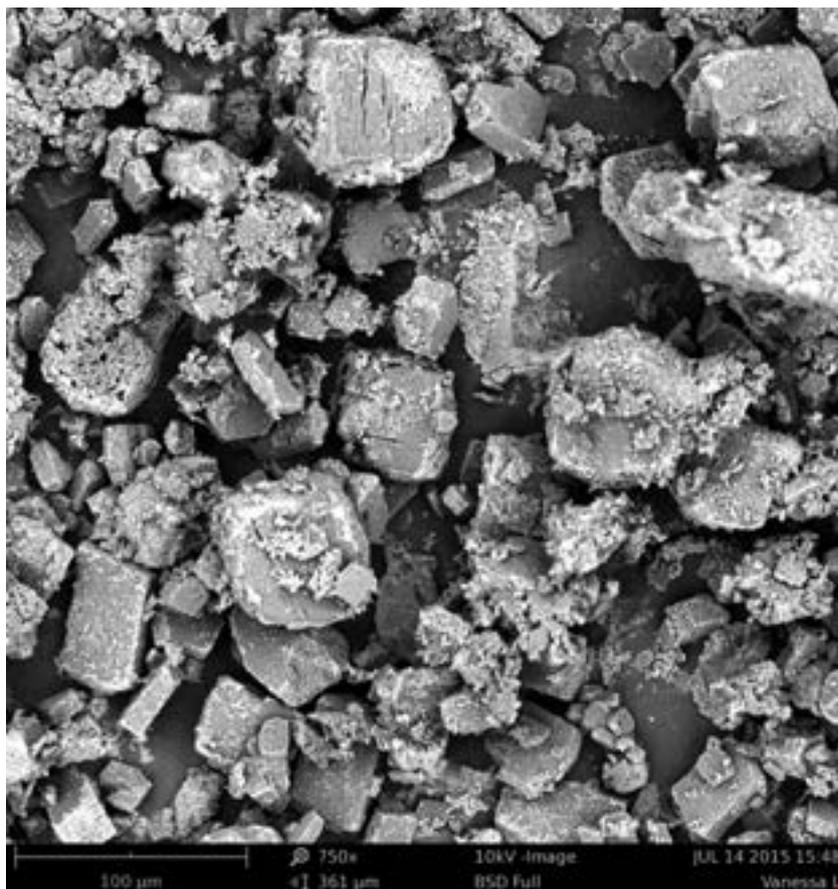
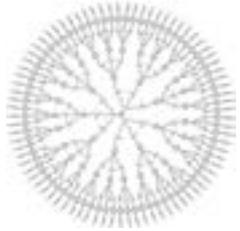
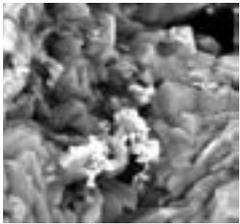
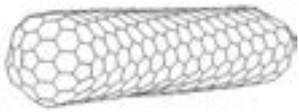


Figura 1. Fotografía SEM de nanopartículas magnéticas de hierro con recubrimiento orgánico.

Tabla 1. Estructura de diferentes nanomateriales.

Nanosistema	Estructura	Descripción
Dendrímeros		Moléculas ramificadas. Tienen alta estabilidad y su superficie se puede funcionalizar. Además de la liberación de fármacos, se usan como vectores para la liberación de genes, agentes de contraste para técnicas de imagen molecular y nanosportes.
Nanopartículas		Partículas de materiales biocompatibles en las cuales el fármaco está encapsulado dentro de una única membrana polimérica.
Nanotubos de carbono		Estructuras cilíndricas conformadas por una o varias capas de estructuras de carbono enrolladas en sí mismas. Pueden ser funcionalizados con péptidos bioactivos, proteínas, ácidos nucleicos o medicamentos, disminuyendo su toxicidad.

objetivo es diseñar y desarrollar medicamentos de tal forma que puedan reconocer a las células “dañadas” a un nivel molecular, penetrar la membrana celular y actuar dentro de la célula infectada. De esta forma el tratamiento empleado es específico y las células sanas quedan intactas.

Los medicamentos dirigidos y los sistemas de liberación controlada de los mismos, permiten que las formulaciones con principios activos sean entregadas con mínima carga; es decir, solo la cantidad exacta que el cuerpo necesita, reduciendo de esta forma los efectos secundarios. Además, con la posibilidad de tener nanosistemas biodegradables dentro del cuerpo, la toxicidad de los principios activos y los excipientes se reduce significativamente.

Es así que desde el 2013, el Laboratorio de Nanotecnología de la PUCE trabaja con diferentes tipos de nanomateriales, con miras a desarrollar nanofármacos específicos que puedan ser aplicados en casos de enfermedades crónicas o degenerativas tales como cáncer localizado usando nanopartículas de magnetita y tratando enfermedades de la piel con nanopartículas de plata.

Usos clínicos, asuntos regulatorios y toxicológicos

Como para cualquier medicina convencional, el ciclo de vida de los nanofármacos incluye la producción, distribución, administración clínica, seguridad del consumidor (efectos principales y secundarios) y su desecho. Mientras las aplicaciones clínicas usualmente corresponden a una sola etapa del ciclo de vida de los fármacos, los efectos toxicológicos están presentes en todas las etapas, de tal forma que estas implicaciones deben ser estudia-

das y examinadas cuidadosamente. Existen regulaciones estrictas y procesos de aprobación rigurosos para cualquier medicamento (por ejemplo, a través de instituciones como la FDA) o material propuesto para uso humano. Dentro de estos procesos existen estudios toxicológicos exhaustivos. Sin embargo, dentro de los nano-objetos se ha llegado a considerar que se requieren nuevas pruebas, ya que estos materiales actúan de forma diferente en una escala tan pequeña. Así, se acuerda que las estrategias en nanotoxicología siempre tienen que ir de la mano en el desarrollo de los nanofármacos para cerciorarse de su uso seguro en estudios clínicos.

Dentro del desarrollo de medicamentos, los materiales y estrategias para su creación están dirigidos a minimizar la posibilidad de generar efectos tóxicos y secundarios, en particular escogiendo materiales biodegradables, biocompatibles y utilizando recubrimientos que evitan la acumulación de las nanopartículas en el hígado y el bazo. Las nanopartículas no médicas, que pueden ser encontradas en la contaminación atmosférica o producidas por procesos industriales, generalmente carecen de estas propiedades y ventajas, por lo que su toxicología será determinada por los materiales que las componen y por las características de su superficie, determinando así también su eventual acumulación. Las nanopartículas no degradables tienden a acumularse intracelularmente y causar varios efectos. Si son consumidas por macrófagos, indudablemente estimularán la liberación de radicales libres que puede resultar en daño celular permanente.

Para determinar con efectividad la toxicología de los nanofármacos es indispensable estandarizar

los estudios pre-clínicos y clínicos de toxicidad, así como es necesaria una evaluación del impacto ambiental de los desechos que se generan por el consumo de estos productos. No está por demás decir que estas estrategias deben ser llevadas en conjunto por investigadores independientes y la industria encargada de la producción de los nanomateriales.

Literatura consultada:

- Bakht M., Sadeghi M., Pourbaghi-Masouleh M., Tenreiro C. Scope of Nanotechnology-based Radiation Therapy and Thermotherapy Methods in Cancer. *Current Cancer Drug Targets*, 8: 998 – 1015. 2012
- Fundación Europea de la Ciencia. 2004. Nanomedicine – An ESF–European Medical Research Councils (EMRC) Forward Look Report [en línea]. Cede en Estrasburgo, 2004. Disponible en: <http://www.esf.org/fileadmin/Public_documents/Publications/Nanomedicine.pdf> [fecha de consulta: 1 de octubre de 2015]
- Key J., Leary J. Nanoparticles for multimodal in vivo imaging in Nanomedicine. *International Journal of Nanomedicine*, 9 (1): 711-726. 2013
- Maier-Hauff K., Ulrich F., Nestler D., Niehoff H., Wust P., Thiesen B., Orawa H., Budach V., Jordan A. Efficacy and safety of intratumoral thermotherapy using magnetic iron-oxide nanoparticles combined with external beam radiotherapy on patients with recurrent glioblastoma multiforme. *Journal of Neuro-oncology*, 103(2): 317-324. 2011
- Ranganathan R., Madanmohan S., Kesavan A., Baskar G., Krishnamoorthy Y., Santosham R., Ponraju D., Kumar S., Venkatraman G. Nanomedicine: towards development of patient-friendly drug-delivery systems for oncological applications. *International Journal of Nanomedicine*, 7: 1043–1060. 2012. ☀

Gusanos, peces, salamandras y la promesa de regeneración

■ Por Dr. Andrés Romero-Carvajal
Laboratorio de Biología del Desarrollo
maromero@puce.edu.ec

Recuerde uno de los arbustos de su jardín. Recuerde cuánto luchó para que crezca y tome la forma apacible que tiene ahora. ¿Cuántas veces lo podó para domar su incesable crecimiento? Por supuesto, no pensó en el daño que le infligía, sino en la vida que nunca se detiene en sus ramas, hojas y flores. Ahora mire su cuerpo y sus cicatrices. Olvídense del dolor o el origen y pregúntese por qué esa cicatriz sigue ahí. Rememore su cirugía más reciente, el dedo que perdió, su cabello que ya no crece como antes o su capacidad auditiva que ya no es la misma. Parece que la vida nos ha podado lo suficiente, pero nosotros, en vez de ramificarnos y seguir creciendo, sólo acumulamos cicatrices. Para algunas personas, esas cicatrices les impiden ver, oír, o volver caminar.

Al ver al arbusto y a nuestro cuerpo descubrimos la ligera desventaja que tenemos los humanos de no poder curar completamente ciertas heridas o regenerar partes del cuerpo. Sin embargo, en un acto de compasión, el imaginario humano logró que olvidásemos esta idea y por milenios nos propuso la regeneración como una característica casi monstruosa. Para que la Hidra no regenere sus cabezas, Hércules

tuvo que calcinar las heridas luego de degollarlas. La regeneración también fue el castigo eterno de Prometeo, atado a una piedra con sus entrañas expuestas, quien lograba regenerar su hígado sólo para que un águila volviese a engullirlo todas las noches. La vida eterna y la sanación vendrían después de la muerte. Esta visión se volvió obsoleta solo durante el último siglo, al re-descubrir a la regeneración, ya no como un castigo esotérico, sino como una característica primordial de gran parte de la vida en la tierra.

Homeostasis de tejidos, regeneración y células troncales

Al hablar de regeneración se pueden distinguir dos procesos muy importantes e interrelacionados: la homeostasis de tejidos y la regeneración de órganos. La homeostasis de un tejido es la renovación constante de las células que lo conforman para mantener su forma y función. Su piel y los folículos de su cabello están constantemente generando células en respuesta al cabello perdido y la descamación de la piel. Su estómago e intestino renuevan sin cesar las células que los recubren y están en contacto con los alimentos, nutrientes y desechos. Las células de su sangre se renuevan cada día para tener un apropiado transporte de oxígeno y restaurar los glóbulos

blancos perdidos en batalla contra las infecciones. El segundo proceso está relacionado a la capacidad de un organismo para restaurar partes completas del cuerpo, órganos y los diferentes tipos de tejidos que los conforman. Después de una lesión profunda, ésta se cierra y del tejido restante se formarán nuevos tejidos, un nuevo brazo, una nueva cabeza, una nueva cola. Ambos procesos dependen de células conocidas como células troncales adultas. Comúnmente llamadas células madre. La traducción apropiada del término acuñado en el inglés *stem cell* es célula troncal (*stem. s. tronco o rama principal*). Así, aunque todas las células que se dividen tienen una célula madre, no todas las células que se dividen son capaces de diferenciarse en varios tipos celulares (o ramificarse), como sí lo hacen las células troncales. Las células troncales adultas son células poco diferenciadas que pueden proliferar, formar más células troncales y diferenciarse en distintos tipos de células para restaurar tejidos. Esta cualidad se denomina multipotencia y es muy distinta a la cualidad que tienen las primeras células de un embrión o células troncales embrionarias. Las células troncales embrionarias pueden producir todos los tejidos de un ser vivo; por lo tanto son pluripotentes.

Regeneración en gusanos y en humanos

La homeostasis de tejidos y la regeneración de órganos están presentes en todos los animales en mayor o menor grado. Sin embargo, la regeneración de órganos es un reto particular que sólo unas pocas especies dominan. Algunas especies de planarias de agua dulce son capaces de regenerar partes completas de su cuerpo y pueden ser consideradas como inmortales. Cuando una planaria decide reproducirse, se fija a una piedra y se estira hasta partirse en dos. Los pedazos resultantes regenerarán la cabeza o la cola, respectivamente, creando dos clones genéticamente equivalentes y perpetuando su existencia. Lo mismo ocurre si la hábil cuchilla de un biólogo la secciona en múltiples pedazos (Fig. 1). Esta impresionante capacidad de regeneración se debe a que los cuerpos de las planarias adultas están repletos de células conocidas como neoblastos. Los neoblastos son las células troncales adultas de las planarias.

Aunque el pedazo de piel que usted perdió en aquel desafortunado incidente no se transformará en una copia idéntica suya, su piel hizo un muy buen trabajo cerrando la herida. Además, los humanos somos capaces de recuperarnos de cirugías invasivas, roturas musculares, pérdidas de sangre o la gastritis producto del final del semestre. Esto se explica porque en la capa más profunda de nuestra piel, médula ósea, músculo, estómago e intestinos existen células troncales capaces de responder en mayor o menor grado a lesiones. De todas formas, nuestras células troncales solo pueden regenerar un tejido específico. En comparación, los neoblastos de las planarias pueden restaurar todos sus tejidos. Así, la piel, sistema digestivo, reproductivo, nervioso y excretor pueden ser restaurados por un solo neoblasto. Curiosamente, un neoblasto por sí solo no puede formar una nueva planaria. Las células troncales adultas dependen de los tejidos que las rodean para mantenerse indiferenciadas y para diferenciarse. Al pare-

cer, una adaptación evolutiva de las especies que pueden regenerar, es mantener células troncales con una amplia capacidad de diferenciación. Si observamos a todas las especies de animales existentes, esta característica se ha mantenido en algunas ramas del árbol de la vida y se ha perdido en otras.

Lo que podemos aprender de otros vertebrados

En este punto, espero haber tocado alguna fibra de su imaginación y también de su incredulidad. Como se habrá dado cuenta, las planarias no se parecen mucho a un humano y, a pesar de que podemos aprender mucho sobre biología de las células troncales estudiando una planaria, por ahora tal vez no sean muy útiles para entender como regenerar una región del cerebro perdida a causa de un accidente, una lesión de la médula espinal, o la pérdida de una extremidad. Por suerte para los humanos, aún hay mucho por aprender. Tome como ejemplo su capacidad auditiva y recuerde su último concierto de rock,

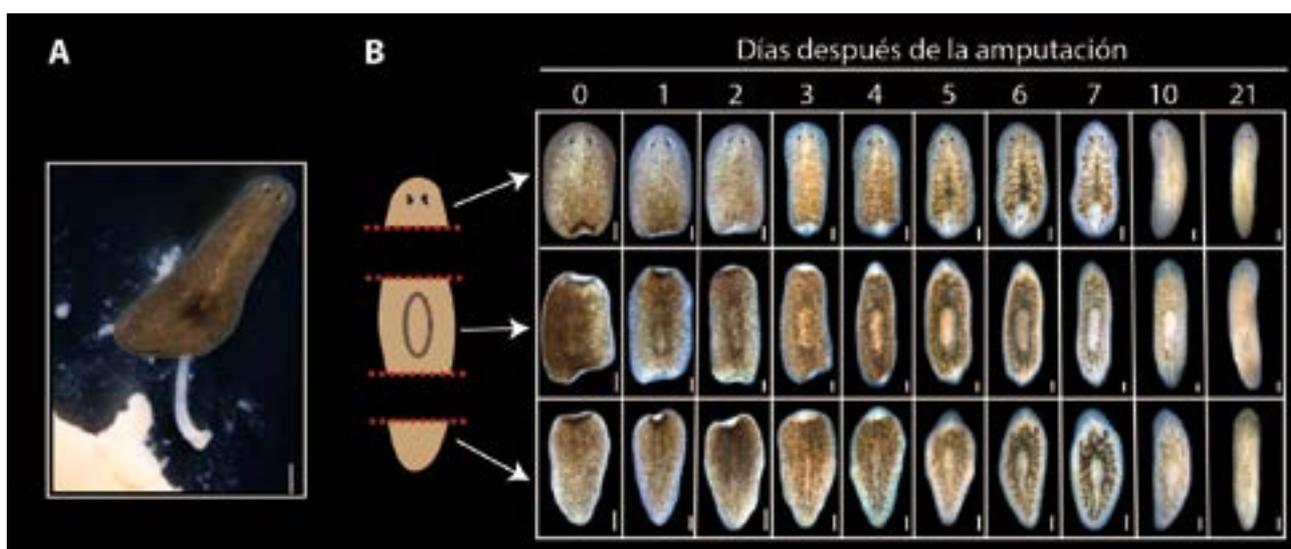


Figura 1. A. La planaria *Schmidtea mediterranea* alimentándose mediante su faringe protráctil (escala vertical = 500 μm). B. El esquema muestra los sitios de corte en una planaria adulta y las fotografías muestran la regeneración a partir de cada fragmento (escala vertical = 250 μm). Experimento e imágenes producidas por Sarah Elliott y Alejandro Sánchez-Alvarado en el Instituto Stowers de Investigación (Kansas City, EUA).

el pitazo de un conductor impaciente o la sobredosis de antibióticos que se tomó por equivocación. Las células del oído interno, que transforman la energía mecánica del sonido en impulsos nerviosos, son extremadamente sensibles al ruido intenso, a varios tipos de antibióticos y algunas drogas de quimioterapia. Durante nuestra vida, cada uno de estos agentes externos provocará la pérdida de células sensoriales junto con la capacidad auditiva, las cuales nunca podrán ser restauradas. Por el contrario, todas las especies de peces, aves y reptiles estudiadas hasta el momento logran fácilmente regenerar estas células y restituir la sensación auditiva a partir de células que se dividen y se diferencian, muy parecidas a células troncales. Precisamente, varios tejidos humanos como el cerebro y la médula espinal carecen de células troncales propias encargadas de su regeneración. Otros tejidos como la retina o el lente del ojo, a pesar de tener células con potencial para su renovación, en la mayoría de lesiones estas no actúan como células troncales. Por si no fuese suficiente, el músculo cardíaco, los riñones, el páncreas y los folículos de cabello pierden su capacidad regenerativa debido a enfermedades y el envejecimiento.

Por el contrario, la regeneración de tejido cerebral, médula espinal, el corazón o las extremidades no son algo extraño en los vertebrados. Piense en los ajolotes mexicanos que, como en el cuento de Cortazar, lo observan tras el cristal de la tienda de mascotas. Mire en la pecera de a lado y encontrará peces cebras, con bandas oscuras y claras al estilo prisionero. Estas dos especies, gracias a la facilidad de mantenimiento y experimentación, han sido

usadas durante el último siglo para entender los mecanismos celulares y moleculares de regeneración en vertebrados. Varias especies de salamandras, incluyendo los ajolotes, pueden regenerar completamente cualquiera de sus extremidades: una nueva pata funcional e igual a la que perdió, con todos sus dedos, huesos, músculos y terminales nerviosas (Fig. 2). Los peces cebras, a pesar de no tener patas, pueden regenerar muy bien sus aletas. Tanto peces como salamandras, pueden recuperarse fácilmente después de fracturas en su columna vertebral y

son capaces de regenerar partes de su cerebro, corazón, el cristalino y la córnea de sus ojos. Precisamente los tejidos que nosotros humanos desearíamos poder recuperar.

Aunque todos estos organismos, órganos y partes del cuerpo son muy diversos, el proceso regenerativo en planarias, peces y salamandras sigue unos cuantos pasos comunes. El primero es el cierre de la herida. El segundo es el reclutamiento de varias células cercanas a la zona de la herida que forman una estructura llamada blastema. Algunas células acumuladas en el blastema son células troncales existentes, capaces de regenerar algunos tejidos, como la piel y el músculo. Otras células del blastema, que ya no podían dividirse, se transforman en células troncales a través de un proceso conocido como de-diferenciación. Estas células pluripotentes acumuladas en el blastema permiten que el órgano se regenere siguiendo las reglas generales del desarrollo embrionario. Ahora, gracias a técnicas moleculares como la transgénesis, es posible marcar las células encargadas del proceso regenerativo en un pez cebras y seguirlas en vivo. De la misma forma, y gracias al conocimiento del genoma completo de planarias, ajolotes o el pez cebras, también podemos investigar la forma en la que sus genes se activan en respuesta a una lesión y qué genes son importantes para la activación o inducción de células troncales en el proceso de regeneración.

Si comparamos las respuestas que tiene una salamandra y un mamífero a una lesión, también podemos entender nuestras limitadas capacidades regenerativas. Además de nuestra limitada disponibilidad de células troncales en algunos teji-

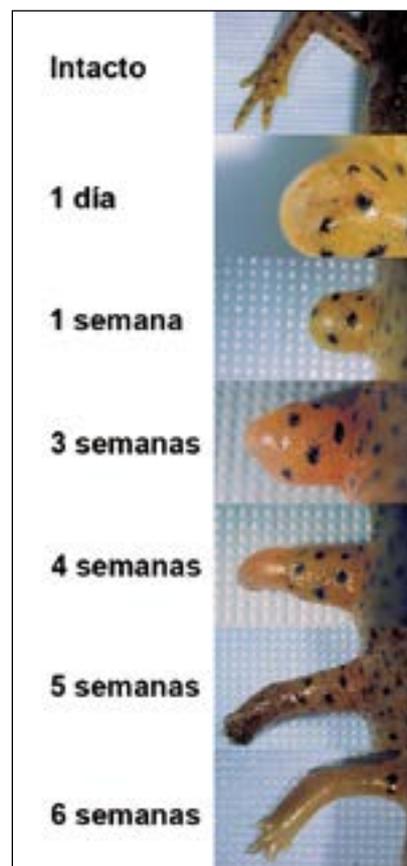


Figura 2. Regeneración de la extremidad anterior en la salamandra moteada *Notophthalmus viridescens*. Se indica el tiempo transcurrido desde la amputación. Experimento e imágenes producidas por Shannon Odelberg en la Universidad de Utah (EUA). Imagen parcialmente modificada de Odelberg (2005) y Pearson (2001) con el permiso de Nature Publishing Group y John Wiley and Sons.

dos, nuestro sistema inmune mamífero trabaja de un modo distinto en respuesta a una lesión. Al presentir una herida, inflamación o un agente infeccioso, nuestras células responden generando una gran cantidad de fibras de colágeno y tejido conectivo (fibrosis) que intentan sellar lesiones y evitar la pérdida de sangre e infecciones. Esta medida, desesperada e inmediata, produce más inflamación y la formación de un nuevo tejido de cicatrización que es muy distinto al blastema. Desafortunadamente, la fibrosis también ocurre en muchos órganos internos como los pulmones, el corazón o los riñones, producto de enfermedades, lesiones o intoxicación. La cicatrización, la inflamación y la fibrosis retrasan el proceso regenerativo y, dependiendo de la disponibilidad de células troncales, pueden impedirlo. La fibrosis ocasionada en su piel por un corte se transformará en una costra y será reemplazada por nuevas células de piel. La fibrosis producto de una lesión en la medula espinal o una infección grave en los riñones adultos impedirá cualquier intento de regeneración y el tejido de cicatrización nunca será reemplazado debido a la falta de células troncales.

La promesa de regeneración en humanos

Aunque estos descubrimientos nos han permitido entender por qué la regeneración no ocurre en nosotros, también nos han ayudado a proponer posibles tratamientos. Recuerde que las salamandras, para regenerar una extremidad, requieren de células troncales listas y dispuestas para la acción. En los humanos, éstas células multipotentes existen, pero en cantidades muy limitadas y en el lugar equivocado.

A estas células se las conoce como células troncales mesenquimales o MSCs y están alojadas en la médula ósea o en el cordón umbilical. Recuerde que para la regeneración algunas células diferenciadas pueden transformarse en células troncales. Shinya Yamanaka, ganador del premio Nobel de Medicina en el 2012, identificó un pequeño número de genes que, si son activados, pueden convertir ciertas células adultas en pluripotentes, muy similares a las células troncales embrionarias. A este tipo de células creadas en laboratorio se les conoce como células pluripotentes troncales inducidas o iPSC. Tanto las MSCs como las iPSCs son de alto interés terapéutico ya que pueden ser aisladas, cultivadas y diferenciadas en cualquier tipo de tejido. Incluso es posible hacer que estas células crezcan en cultivo y tomen la forma tridimensional que tiene un órgano para luego trasplantarlo. Al no provenir de embriones, el uso de MSCs o iPSCs es una gran alternativa a las células troncales embrionarias humanas, cuyo uso requiere de estrictas regulaciones bioéticas. Finalmente, una nueva generación de drogas podría estimular el proceso regenerativo de ciertos órganos al inhibir la fibrosis sin afectar el cierre de una herida. Todos estos tratamientos están en fase de experimentación clínica y aún no han sido aprobados para su uso en humanos; sin embargo, tienen un gran potencial para mejorar la calidad de vida de pacientes.

El estudio de la capacidad regenerativa en otras especies también ha contribuido de cierta forma a entender nuestras limitaciones como humanos. Otra razón por la cual nuestras habilidades regenerativas son tan limitadas es la complejidad

de los tejidos humanos. Piense en la cabeza de una planaria y en la suya y pregúntese qué es más fácil regenerar. Compare la impresionante complejidad del oído interno humano con el oído interno de un pez. Ahora pronuncie en voz alta todo lo que posiblemente hubiese tenido que sacrificar para disponer de una buena capacidad regenerativa. Tal vez nuestro cerebro, tan complejo y frágil, tiene en sus regiones más oscuras la cura para muchas enfermedades, pero también el ingenio para crear prótesis y piezas de tecnología que reemplazan órganos y extremidades. Recuérdelo, nuestro amable cerebro tiene la capacidad de reconfigurarse, adaptarse a la adversidad y también sentir empatía hacia las personas con discapacidades. Nuestros brazos, que no regeneran, siempre pueden ayudar.

Literatura consultada

- Kimbrel, E. A. y Lanza, R. 2015. Current status of pluripotent stem cells: moving the first therapies to the clinic. *Nature Reviews Drug Discovery* 14, 681–692.
- Odelberg, S. J. 2005. Cellular plasticity in vertebrate regeneration. *Anat. Rec.*, 287B: 25–35.
- Pearson, H. 2001. The regeneration gap. *Nature*. 414(6862):388-90.
- Pellettieri, J. y Sánchez-Alvarado, A. 2007. Cell Turnover and Adult Tissue Homeostasis: From Humans to Planarians. *Annual Review of Genetics*. Vol. 41: 83-105.
- Torres, V. E. y Leof, E. B. 2011. Fibrosis, Regeneration, and Aging: Playing Chess with Evolution. *JASN*. 22: 1393-1396.
- Wagner, D. E., Wang, I. E., y Reddien, P. W. 2011. Clonogenic neoblasts are pluripotent adult stem cells that underlie planarian regeneration. *Science* 332, 811-816. 🌻

Agroecología, una ciencia en construcción

■ Por Máster Sandra Garcés
Museo QCAZ
sgarcesjaramillo@gmail.com

En el presente artículo vamos a profundizar en este concepto, a la par que hacemos un breve recorrido a través de la historia del término.

Los ecosistemas agrícolas presentan una serie de oportunidades para el ojo estudioso y observador. Es muy interesante ver cómo su complejidad está determinada tanto por sus interrelaciones ecológicas, como por sus influencias culturales.

Lamentablemente, la historia de la mayor parte del siglo XX se caracterizó por una disminución de esta complejidad, cuando la denominada Revolución Verde propagó la llamada agricultura convencional, cuyas prácticas incluyen el monocultivo y el uso intensivo de químicos de síntesis, tales como pesticidas y fertilizantes.

Una de las consecuencias del uso intensivo de químicos sintéticos, desde la perspectiva ambiental, es la contaminación de los sistemas de soporte de vida (agua, suelo y aire). Por esta razón, paralelamente a este fenómeno de cultivo intensivo en uso de químicos sintéticos, se dio un proceso de desarrollo de propuestas agrícolas que son ambientalmente más amigables. Entre ellas se encuentra la agroecología.

En el presente artículo vamos a profundizar en este concepto, a la par que hacemos un breve recorrido a través de la historia del término. Asimismo, analizaremos por qué algunos autores proponen que

la agroecología ya no es solamente un enfoque, sino que ha evolucionado tanto hasta convertirse en una ciencia en construcción. Finalmente, con el fin de entender mejor cómo funciona una investigación agroecológica en la práctica, revisaremos algunos de los resultados de una investigación realizada en nuestro país, en la cual se utilizaron varios criterios socioambientales para comparar tres agroecosistemas, que son manejados con diferentes prácticas agrícolas.

Evolución de un término

El uso actual del término agroecología tiene sus raíces en los años 70; sin embargo, según Susanna B. Hecht (en Altieri 1999: 15), “la ciencia y la práctica de la agroecología son tan antiguos como los orígenes de la agricultura”.

A través del siglo XX, se dio un proceso en el cual disciplinas como la agronomía y la ecología fueron

acercándose; justamente, a fines de los años 20 hubo un intento de combinar agronomía con ecología, lo que dio origen a lo que se conoció como “ecología de cultivos”. Unos años después, se propuso el término agroecología para indicar la aplicación de ecología a la agricultura, pero aparentemente se lo dejó a un lado (Gliessman 2002: 14-15).

Durante los siguientes años, poco a poco, se fueron alejando los investigadores de estas disciplinas, hasta que a finales de los años 50, la consolidación del concepto de “ecosistema” atrajo nuevamente el interés en la ecología de cultivos, bajo la forma de la denominada “ecología agrícola” (Gliessman 2002: 14-15).

En los años 60 y 70 se intensificó el interés por la aplicación de la ecología en la agricultura, debido a la investigación en áreas de ecología de comunidades y poblaciones, enfoques a nivel de sistemas y por el aumento de la conciencia ambiental por parte de la población. Por ejemplo, en 1974 en el Congreso Internacional de Ecología, un grupo de participantes presentó un informe intitulado *Análisis de Agroecosistemas* (Gliessman 2002: 14-15).

Entre la década de los 70 y 80 aumentaron de manera rápida las bases de la agroecología, y a inicios de los años 80 esta emergió como una disciplina distinta y única para



"Uno de los principales objetivos de la agroecología es fomentar la diversidad en el cultivo".

el estudio de los agroecosistemas. El desarrollo de la agroecología contribuyó a la evolución del concepto de sostenibilidad en la agricultura. Paralelamente, en un simposio realizado en 1984, varios autores establecieron las bases ecológicas del concepto de sostenibilidad (Douglas 1984).

Entre los años 90 e inicios del siglo XXI, algunos autores consideraban a la agroecología como un enfoque, más que una ciencia. Sin embargo actualmente existe creciente discusión en torno a si esto es o no así, debido a que para algunos autores el cuerpo de conocimiento que existe en la actualidad se ha diferenciado y evolucionado lo suficiente como para que sea considerada una ciencia.

El pensamiento agroecológico ha recibido influencia de múlti-

ples fuentes de conocimiento: de la agronomía, de la ecología, de los sistemas nativos (tradicionales o ancestrales) de producción y de los estudios de desarrollo rural. Es por esto que una definición completa del término requiere incluir todas las dimensiones de la realidad de las cuales dependen los procesos y fenómenos que ocurren dentro de los agroecosistemas.

En el 2010, León y Altieri (2010 en León 2014) propusieron definir a la agroecología como "la ciencia que estudia la estructura y función de los agroecosistemas tanto desde el punto de vista de sus interrelaciones ecológicas como culturales...".

León (2014) afirma que la agroecología no es una ciencia que se limita al estudio ecológico dentro y fuera de los agroecosistemas, sino que "abarca los estudios simbóli-

cos, sociales, económicos, políticos y tecnológicos que influyen en el devenir de las sociedades agrarias". Por lo tanto, esta ha evolucionado para convertirse en una ciencia interdisciplinaria en construcción, cuyos análisis aportan al desarrollo de nuevos discursos.

Parte de la importancia de la agroecología radica en que provee los principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que sean productivos, que puedan proteger los sistemas de soporte de vida y que sean también culturalmente sensibles, socialmente justos y económicamente viables (Altieri 2002: 9).

León (2010) argumenta a favor de ubicar a la agroecología como una ciencia ambiental, ya que está inserta en un campo "novedoso" del saber agrario; pues, al mismo



“Granja agroecológica en Tumbaco, Ecuador”.

tiempo que es ciencia y profesión, penetra en los análisis de sistemas de producción ecológica, y, mientras dialoga con los procesos intelectuales que critican los modelos de desarrollo agrario, reivindica el conocimiento agrícola ancestral.

Por esta razón, es importante mencionar que la agroecología ha llegado a significar varias cosas: una ciencia, una crítica política y una propuesta para la acción (León, 2014).

La unidad ecológica (y objeto de estudio) de esta disciplina es el agroecosistema, ya que contiene elementos bióticos y abióticos que son interdependientes e interactúan entre sí.

Existen muchas formas de definir un agroecosistema, sobre la base de su complejidad cultural y eco-

sistémica: León (2010) propone la siguiente definición: “...el conjunto de relaciones e interacciones que suceden entre suelos, climas, plantas cultivadas, organismos de distintos niveles tróficos, plantas adventicias y grupos humanos en determinados espacios geográficos, cuando son enfocadas desde el punto de vista de sus flujos energéticos y de información, de sus ciclos materiales y de sus relaciones simbólicas, sociales, económicas, militares y políticas, que se expresan en distintas formas tecnológicas de manejo dentro de contextos culturales específicos...”.

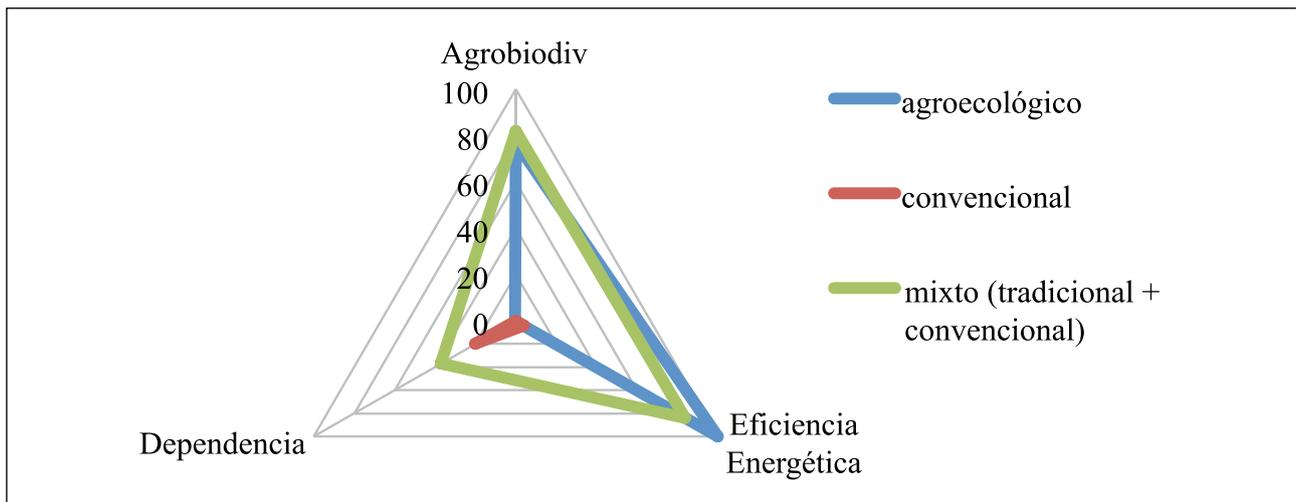
Por lo antes señalado, se entiende que los límites del agroecosistema son difusos y son difíciles de delimitar, y por lo tanto su tamaño dependerá de muchos factores, ya que cada región tiene una confi-

guración única de ellos, que son el resultado de las variaciones locales en el clima, el suelo, las relaciones económicas, la estructura social y la historia (Altieri 1999: 49).

En algunos casos, corresponderá al ecosistema en producción que está administrado por un agricultor, por lo que corresponderá a la Unidad Productiva Agrícola (UPA). Gliessman (2002: 26) menciona que es difícil establecer en la práctica, si los límites de un agroecosistema son equivalentes a los de una granja, finca o parcela, o bien al de un conjunto de estas unidades.

Agroecología en acción

Para graficar la complejidad de una investigación agroecológica, se presenta a continuación una parte de un estudio realizado por la



Cuadro: Resultados obtenidos en los cálculos de agrobiodiversidad (índice de Simpson x 100), eficiencia energética (Valor energético del producto/energía no renovable utilizada para producir dicho producto, en kcal/ha/año x 100) y dependencia del agricultor a insumos externos (valores aproximados en %), tomado de Garcés 2011: 166-167.

autora (Garcés, 2011), en el que se trabajó con variables multidimensionales, metodología que busca entender el fenómeno estudiado desde una perspectiva más compleja.

En el siguiente cuadro se resumen algunos de los resultados del proyecto antes mencionado, el cual comparó (a través de múltiples variables sensibles) tres tipos de agroecosistemas, que se diferencian por el tipo de prácticas agrícolas: agroecológicas, convencionales y mixtas (una familia de etnia Awá que utiliza prácticas agrícolas mixtas: ancestrales y convencionales).

En el gráfico anterior se puede observar parte de la complejidad socioambiental de un agroecosistema. En el ejemplo se escogieron tres variables sensibles que son muy importantes tanto desde una perspectiva ambiental como económico-social. El estudio de caso, en el cual se realizan prácticas agroecológicas, conserva la alta diversidad del ecosistema, mientras tiene una eficiencia energética del 100% y ninguna dependencia hacia insumos externos (tales como químicos de síntesis). Por otro lado, el siste-

ma mixto, en el cual se mantiene una alta agrobiodiversidad, una alta eficiencia energética, pero depende de insumos externos (lo que implica costo económico y contaminación ambiental). Finalmente, en el caso en el que se realizan prácticas convencionales, la agrobiodiversidad es baja (se tiende al monocultivo), la eficiencia energética es muy baja y existe dependencia del sistema hacia insumos externos.

Otro resultado importante que cabe mencionar es que en los productos del agroecosistema convencional se encontraron residuos de pesticidas (Garcés 2011: 121), lo cual demuestra la importancia de dejar el uso de químicos sintéticos y utilizar prácticas agrícolas más amigables desde una perspectiva socioambiental.

Hacia propuestas interesantes

El resultado de esta experiencia arroja por lo menos dos propuestas interesantes: primera: transición de las prácticas agrícolas convencionales hacia aquellas que son más ambientalmente sostenibles y socialmente sensibles; pues la

agroecología se constituiría en una alternativa atrayente, singular y profunda.

Segunda: resultaría un reto alentador proponer programas de esta disciplina en las universidades del país, puesto que sería una decisión que le haría mucho bien a la agricultura y a la vida.

Literatura consultada

Altieri, Miguel A. 1999. *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Editorial Nordan –Comunidad.

Garcés, Sandra P. 2011. *Bienestar y sustentabilidad en el medio rural: Herramientas y debates para una agricultura sustentable*. Quito: Flacso – Sede Ecuador – Abya Yala

Gliessman, Stephen R. 2002. *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*, Turrialba: CATIE.

León, Tomás E. 2010. *Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción*

En: León, Tomás E. 2014. *Perspectiva ambiental de la Agroecología*. Bogotá: Universidad Nacional De Colombia – IDEAS 3.

León, Tomás E. 2014. *Perspectiva ambiental de la Agroecología*. Bogotá: Universidad Nacional De Colombia – IDEAS 3. ☀

El omnipresente bisfenol

■ Por M. Sc. Eliza Jara
Escuela de Ciencias Químicas
enjara@gmail.com

Un bisfenol es un compuesto químico que se encuentra en varios tipos de plásticos; por ello, en la modernidad desecharlo en la que vivimos, se puede decir que hay bisfenol por todas partes. Las implicaciones de su presencia son discutidas por científicos y agencias regulatorias en varias partes del mundo; por ahora, solo hay un consenso: un cierto tipo de bisfenol es peligroso y su uso está prohibido en los biberones.

Para entender cómo se llegó a esta resolución, hay que considerar primero la estructura química del bisfenol. El bisfenol es el nombre que se le asigna al compuesto químico que tiene 2 grupos fenol (benceno + hidroxilo) en su estructura, dispuestos de tal forma que los grupos OH estén opuestos, como se ve en la Figura 1a. El vasto número de posibilidades que se tiene en el mundo de la Química Orgánica hace que existan varios tipos de bisfenol, en función de los átomos o grupos de átomos que estén asociados a la estructura base, así en la Figura 1 se observan: bisfenol A -BPA (a), bisfenol F -BPF (b), bisfenol S -BPS (c).

La estructura del bisfenol le confiere a ciertos plásticos una mejor resistencia al calor y mayor durabilidad, cualidades que tardaron alrededor de 40 años en ser descubiertas. El primer bisfenol en sintetizarse fue el BPA; la intención inicial fue emplearlo como sustituto de una de las hormonas femeninas, y así resolver ciertos trastornos

relacionados con ella (Vogel, 2009); pero en el transcurso de la investigación, se encontró otro compuesto con mejores características, y el BPA quedó a buen recaudo por un par de años. En la década de los 50, el BPA se utilizaba como materia prima en la elaboración de resinas epóxicas (una clase de sustancias que incluye a adhesivos como “La Brujita”), las cuales, a medida que pasaban los años, se introducían en un mayor número de productos, directa o indirectamente (Vogel, 2009). Fue también en los años 50 que, con ayuda del BPA, se creó el policarbonato, un polímero que revolucionó la industria, ya que conjugaba la resistencia del acero y la transparencia del vidrio. Y así, llegamos a la actualidad donde tenemos resinas epóxicas y policarbonato en todo tipo de insumos, desde nuestros automóviles, equipos electrónicos, DVDs, lentes, empaques alimenticios, botellas, tuberías, papel y hasta en la mezcla con la que su dentista le protege sus dientes cuando le cura las caries.

Algunos materiales de laboratorio están hechos de policarbonato, de donde el bisfenol puede desprenderse. Una observación perspicaz de un investigador de la Universidad de Stanford, quien identificó que el BPA se infil-

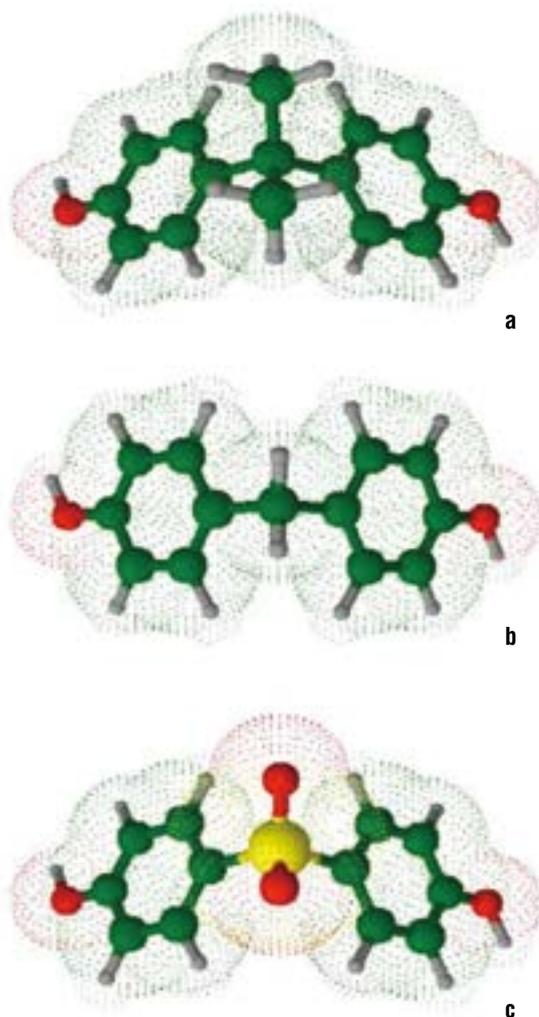


Figura 1. Estructuras de varios bisfenoles: BPA(a), BPF(b), BPJ(c). En verde se muestran los átomos de carbono; en rojo, los de oxígeno; en gris, los de hidrógeno, y en amarillo, el azufre.

traba en su experimento y afectaba a las células en una forma similar al estrógeno (Vogel, 2009), marcó el inicio de una serie de investigaciones que cuestionan el efecto de los bisfenoles en organismos vivos y el ambiente.

Disruptores endócrinos

Los disruptores endócrinos son sustancias ajenas al organismo que pueden incrementar o disminuir los niveles normales de hormonas, alterar su producción natural o simular su acción (NIEHS, 2015). La mayoría de estas sustancias son sintéticas y frecuentemente se encuentran como aditivos o contaminantes en alimentos y cosméticos. Su presencia ha sido asociada a alteraciones en la función reproductiva (tanto en hombres como en mujeres), patrones de crecimiento anormales y retrasos en el desarrollo neurológico de niños (NIEHS, 2015). Para que dichos efectos tengan lugar, la sustancia debe ingresar al cuerpo humano mediante la ingesta de alimentos, al respirar o mediante el contacto con la piel. Cabe aclarar que la sola presencia de un disruptor endócrino no implica un daño inmediato, sino que debe existir una cantidad suficiente para que se observen efectos; esta cantidad varía para cada sustancia y es, muchas veces, la “manzana de la discordia” para la comunidad científica.

A inicios de 2015, la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) redujo el límite diario de ingesta de bisfenol A de 50 a 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de masa corporal; esto quiere decir, que para una persona promedio, que pese 70 kg, la cantidad máxima de BPA que puede ingerir es 160 μg , a diferencia de los 3500 μg que eran anteriormente. Por otro lado,

la Agencia de Alimentos y Drogas de Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) decidió mantener el límite en 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de masa corporal. Ambos entes regulatorios revisan la bibliografía disponible, pero llegan a conclusiones distintas. En una extensa compilación de estos trabajos, la autora postula que el 70% de ellos encuentra efectos del bisfenol que son adversos para la persona común; es decir, para todos aquellos que no trabajamos directamente en la producción de BPA o en la manufactura de algún insumo que lo contenga (Rochester, 2013); así mismo, la autora menciona que estos efectos se observan incluso con concentraciones menores al límite establecido por la FDA, por lo que se debería revisar la validez de esos valores máximos recomendados.

Rochester (2013) enuncia que hay discrepancias en los diversos estudios, lo cual se explicaría por la complejidad del funcionamiento del cuerpo humano, y por las diferencias inherentes entre personas. Con todo esto en mente, es difícil comprender que hay quienes piensan que todo el tema del bisfenol ha sido lo suficientemente estudiado y no vale la pena indagar más (Schwarcz, 2015). Pero como se dice en el cuarenta, “de todo hay, como en botica”.

A pesar del desacuerdo en cuanto a los límites tolerables de BPA, en 2008 el Ministerio de Salud de Canadá y, posteriormente, en 2011, la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés), decidieron actuar ante el tema del bisfenol. Se consideró que las mujeres embarazadas y los niños son las poblaciones más vulnerables ante el efecto de los disruptores endócrinos, ya que estos podrían no ser

evidentes inmediatamente, sino en etapas posteriores de la vida del individuo. También se tomaron en cuenta las investigaciones que indican que al calentar policarbonato se desprende más fácilmente el bisfenol, y aquellas que sugieren los efectos adversos a la salud y desarrollo del infante. De allí que, por precaución, se haya decidido prohibir el uso de BPA en la fabricación de biberones. Los fabricantes aprovecharon la ocasión para elaborar otras piezas con el plástico que se vieron obligados a desarrollar, y, desde entonces, aparecen innumerables insumos para alimentos con un sello que indica “BPA free/ libre de bisfenol A”.

Por otro lado, mientras se desataban estas controversias en cuanto a la salud humana, otros investigadores generaban datos mostrando resultados igualmente preocupantes, pero con menos impacto para el público en general. Varios estudios se han centrado en evaluar el efecto del bisfenol A en especies animales acuáticas como peces, moluscos, entre otros. En general, se ha establecido que tanto en vertebrados como en invertebrados, el BPA tiene efectos a nivel reproductivo y en el desarrollo de las especies (Canesi & Fabbri, 2015); en muchos casos, la cantidad necesaria para tales efectos era mayor o igual a la que se encuentra en el ambiente. Sin embargo, considerando que alrededor de 6 millones de toneladas de BPA se producen anualmente, el panorama se torna preocupante.

Buscando a BPA

Como Marlin (papá de Nemo en la famosa película animada) que buscaba a su hijo en la inmensidad del océano, los analistas químicos muchas veces tenemos tareas que

al inicio parecen imposibles. En el caso del BPA, la dificultad se evidencia de 2 formas: la cantidad de sustancia es muy pequeña, y dado que el BPA está en todas partes, hay que asegurarse que se mide el BPA que proviene del lugar que nos interesa y no el que, por alguna razón, llegó ahí después. Es decir, para saber cuánto BPA tiene el atún de su “cevichocho volquetero”, un analista químico tiene que machacar todo el atún de la lata, tomar una pequeña porción y pesarla, añadir reactivos, agitar, calentar, enfriar, trasvasar algunas veces, hasta terminar con aproximadamente 20 gotas de extracto donde está todo el bisfenol, todo esto sin la intervención de utensilios plásticos, porque de lo contrario, no se sabría si el BPA es del atún o de los utensilios, o de ambos.

Para sortear estas dificultades se han creado nuevas metodologías de análisis (Ballesteros *et al.*, 2008) y se han redoblado esfuerzos para disminuir la presencia de BPA en los laboratorios; esto último, se hace con protocolos de limpieza exhaustivos aplicados a materiales, equipos, muebles y cualquier superficie que intervenga en el análisis. Además, se debe controlar la calidad de los reactivos, ¡incluida el agua! Por suerte para el investigador, existen filtros especiales para reducir el BPA del agua del laboratorio, tarea de otra forma imposible, ya que prácticamente todo el equipo de purificación tiene componentes plásticos. Si uno piensa cuidadosamente, todo el material de laboratorio tiene en algún momento, contacto con algo plástico, y si no, mire la Figura 2, reconozca los insumos que normalmente usa para preparar una muestra en el laboratorio, y verá que más de la mitad tiene algo plástico.

Ahora que nos situamos en el



Figura 2. Materiales de uso común en un laboratorio químico.

dilema de los investigadores, es más fácil comprender el origen de la polémica en torno al asunto, y es que es muy sencillo atribuir falta de validez científica a un trabajo tan minucioso.

¿Qué se debe hacer?

La EFSA ha emitido el dictamen, complaciendo a unos y discrepando con otros; entre ellos, uno de sus estados miembros. El Gobierno francés, dos años antes del último dictamen de la EFSA, optó por prohibir el uso del BPA en todos los envases de alimentos por considerarlo un peligro para la salud. Nuevamente se observa la dualidad de la información vigente: mismos datos, diferentes conclusiones. Lo cual, en mi particular opinión, solo puede significar que se necesitan más y mejores estudios.

Un buen primer paso sería acordar las metodologías de análisis, con ello se eliminaría una fuente de discrepancias; para esto, las agencias regulatorias deben realizar recopilaciones de la información disponible, escoger o diseñar una metodología y ejecutar ensayos entre varios laboratorios para demostrar la validez de la propuesta; es decir, en la jerga de un analista químico: se necesita crear un método estándar.

Cuando esto se realice, se debe tomar en cuenta que la industria, para cumplir con la prohibición del BPA en los biberones, ha introducido nuevos compuestos a la composición del policarbonato. Entre estos nuevos compuestos, se cuentan los bisfenoles F y S, mostrados en la Figura 1. Sin embargo, ya hay estudios que sugieren que estas sus-

tancias, tan parecidas al BPA, podrían tener también la cualidad de ser disruptores endócrinos (Billbrey, 2014). De modo que, toda la información futura que se genere para la evaluación de riesgos del BPA, debería incluir a estos otros compuestos también, a fin de esclarecer de una vez las dudas.

Otro eje de trabajo futuro en este ámbito es la divulgación científica, y es que con la polémica han proliferado los malentendidos y exageraciones. Alguna vez leí un titular que decía que los recibos del supermercado le podían dejar infértil; titular que tiene algo de verdad, pues el papel térmico tiene BPA, y el BPA puede causar infertilidad... pero de ahí a pronunciar “tamaño afirmación” dista mucho trecho ya que para que esto sea verdad se deben considerar las cantidades de BPA en el papel, la cantidad que ingresa al cuerpo (la mayoría se queda en la piel), el tiempo en el que se tiene contacto (no sé usted, pero yo no acostumbro andar con mis recibos en la mano). Me pregunto cuánta gente habrá leído ese titular y confiado en que esa información es veraz. De ahí que es necesario que, desde la industria y desde las agencias regulatorias, se realicen acciones para que la información llegue al público, sin tanta ambigüedad y pueda ser interpretada correctamente.

En Ecuador, la información – científica o de divulgación– de este tema es casi nula. En la web aparece una publicación en la red social Facebook, bajo el perfil “Tribuna del Consumidor Ecuador”, con información general del BPA, y que ha generado apenas 2 comentarios. En el mismo año, el Instituto de Normalización Ecuatoriano (INEN) se hizo eco de la disposición de la EFSA, y prohibió en todo el terri-

torio nacional la fabricación, importación y comercialización de biberones que contengan Bisfenol A; además, ha elaborado una norma técnica de carácter voluntario para evaluar la presencia de BPA en enlatados.

Los bisfenoles
están en todas
partes. A pesar de
la controversia y
las prohibiciones,
la industria se
resiste a dejar
de lado a estas
sustancias,
limitándose a
intercambiar
compuestos
similares.

Conclusión

La ubicuidad, capacidad para estar en todas partes es la palabra que mejor califica a los bisfenoles; pues, a pesar de la controversia y las prohibiciones, la industria se resiste a dejar de lado a estas sustancias, limitándose a intercambiar compuestos similares. Si bien la información es diversa, parece haber indicadores del peligro ambiental que supone el bisfenol A; queda pendiente evaluar a los otros bisfenoles, y no estaría de más hacer un reconocimiento de la situación en el país. Lo que queda claro es que, en estos tiempos modernos, con todos los avances y comodidades que tenemos, aún

hay muchas cosas que, a pesar de formar parte de nuestra vida diaria, escapan a nuestro entendimiento. Y esta es la mejor motivación para seguir haciendo ciencia.

Literatura consultada

1. Ballesteros, A., Rubio, S., Pérez, M. (2009). Analytical methods for the determination of bisphenol A in food. *Journal of Chromatography* 1216 (3) pp. 449–469.
2. Billbrey, J. (2014) BPA-Free Plastic Containers May Be Just as Hazardous. *Scientific American [on line]*. Recuperado el 27 de diciembre de 2015, de <http://www.scientificamerican.com/article/bpa-free-plastic-containers-may-be-just-as-hazardous/>
3. Canesi, L., Fabbri, E. (2015). Environmental effects of BPA: focus on environmental species. *Dose-Response* 13 (3). Recuperado el 27 de diciembre de 2015, de <http://dos.sagepub.com/content/13/3/1559325815598304.full>
4. NIEHS – National Institute for Environmental Health Sciences. (2015). *Endocrine disruptors*. Recuperado el 21 de diciembre de 2015, de <http://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/endocrine/>
5. Rochester, J. (2013). Bisphenol A and Human Health: A review of the literature. *Reproductive Toxicology*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.reprotox.2013.08.008>
6. Schwarcz, J. (2015). The Right Chemistry: The Research on BPA has been sufficient. Recuperado el 27 de diciembre de 2015, de <http://montrealgazette.com/technology/science/the-right-chemistry-the-research-on-bpa-has-been-sufficient>
7. Vogel, S. (2009). The Politics of Plastics: The Making and Unmaking of Bisphenol A “Safety”. *Am J Public Health* 99 (Suppl 3) pp. 559–566. Recuperado el 22 de diciembre de 2015, de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2774166/> 🌞

La rana y el volcán.... una historia de supervivencia

■ Por Ph. D. (c) Andrés Merino-Viteri
Laboratorio de Herpetología, Museo QCAZ
armerino@puce.edu.ec

A veces me pregunto, ¿qué hubiera pasado si a finales del siglo XVII, los navegantes, principalmente holandeses, se hubieran dado cuenta que el Pájaro Dodo estaba a punto de extinguirse por sus acciones de cacería, sumada a algunas, cuestionadas, catástrofes naturales en la Isla de Mauricio, en el Océano Índico? ¿Sería posible que aun hoy día, existieran individuos silvestres de esta singular ave? A mí, personalmente, me hubiese encantado poder ir a visitar esta especie y verla en su hábitat natural.

El caso del Pájaro Dodo es uno de los primeros casos documentados donde la mano del ser humano tuvo influencia directa en la desaparición de una especie completa; pero, muy seguramente, no es la única. Otros casos están más cercanos a nosotros como la desaparición reciente de la Tortuga Galápagos de la Isla Pinta, que finalmente se extinguió con la muerte del conocido Solitario Jorge. Igualmente en este caso, la captura de las galápagos con el fin de utilizar su carne y grasa durante largos viajes oceánicos tuvo efectos negativos en sus poblaciones.

El Parque Nacional Galápagos, la Estación Científica Chales Darwin y otras instituciones hicieron múltiples esfuerzos para evitar la extinción de esta especie; pero todos resultaron infructuosos, a

pesar de una inversión económica que debió haber sido considerable.

Se estima que en el presente la tasa de extinción de organismos en nuestro planeta es 1000 veces mayor a la tasa de extinción en los ecosistemas naturales. Este aceleramiento se ha asociado a los impactos directos o indirectos del ser humano en la naturaleza de nuestro planeta.



Un grupo de organismos, especialmente, los anfibios, han sido identificados como seres con un mayor riesgo de extinción comparados con otros animales vertebrados. Algunas de las causas que motivan este alto riesgo son las mismas que para los otros organismos: la destrucción y fragmentación de los hábitats naturales; sin embargo, hay otras que son propias para este grupo. Estudios realizados en varias partes del planeta, así como en nuestra universidad, han mostrado que anomalías climáticas y la presencia de una enfermedad emergente podrían haber sido responsables de las dismi-

nuciones poblacionales y posibles extinciones de varias especies de anfibios especialmente en las zonas altas en todos los continentes donde viven estos animales.

En nuestro país, uno de los grupos más afectados fueron los jumbatos o ranas harlequín del género *Atelopus*, que vivían en los páramos del país. Otros grupos afectados incluyen a las kaylas o ranas del género *Telmatobius* y algunas especies de ranas asociadas a cuerpos de agua corriente de la familia Centrolenidae y Dendrobatidae. Muchas de estas especies no han sido registradas en las últimas dos décadas a pesar de múltiples búsquedas en sitios históricos de colección. Las pocas que han sido encontradas, están restringidas a una o pocas localidades y casi siempre con densidades poblacionales muy bajas (se han encontrado pocos individuos).

Este es el caso de la Rana Cohete de Quito y cuya historia quiero compartir en este artículo.

La Rana Cohete de Quito

Su nombre científico es *Hylaxalus jacobuspetersi* y pertenece a la familia Dendrobatidae, la misma de las ranas venenosas, aunque sus químicos cutáneos no son tan fuertes. Es una especie endémica del Ecuador que alguna vez estuvo distribuida a lo largo del callejón interandino entre las provincias de Carchi y Cañar, ocupando el Matorral Interandino, el Bosque Montano Occidental y algunas zonas de

Páramo, entre 1500 y 3800 msnm. Su historia como especie incluye un dato interesante: su descripción se basó en individuos colectados en el barrio tradicional de la Villaflores en la ciudad de Quito.

Según los registros del Museo de Zoología (QCAZ) de nuestra universidad, se han registrado individuos en al menos 10 localidades diferentes y su distribución era amplia pues habitaba también zonas con alteración antropogénica pero siempre ligada a riachuelos.

Es una rana pequeña (entre 19 y 25 mm los machos y entre 22 y 29 mm las hembras), de coloración café que le permite camuflarse en la hojarasca del suelo, aunque su manera más efectiva de escape es la velocidad de salto, de donde viene su nombre común (Fig. 1). Es diurna y emite un silbido agudo de una sola nota. Al igual que las otras especies de su familia sus comportamientos reproductivos son complejos, incluyendo el cuidado parental de los huevos por parte del padre y el posterior transporte de los renacuajos al cuerpo de agua en su espalda.

Para inicios de la década de los 90, la especie había prácticamente desaparecido violentamente al igual que las otras especies descritas anteriormente. Esta situación motivó a que los expertos categoricen a esta especie como en peligro crítico de extinción. Múltiples viajes a sitios donde la especie se encontraba, sin resultados positivos, nos hacían pensar que la especie se habría perdido para siempre.

Aunque un poco tarde, en 2012, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, declaró a la especie “Emblema Natural de la ciudad” en conjunto con otras especies de flora y fauna, por su historia relacionada a la ciudad. Esto implica un compromiso tácito de Quito de velar por la conservación de sus recursos naturales únicos.

El redescubrimiento

En 2007, ocurrió un hecho inesperado y casual que cambió el rumbo de esta historia. Morley Read, un investigador asociado al QCAZ en ese momento, en un viaje de recreación a un sitio cercano a Quito, escuchó un canto que, por su curiosidad natural de herpetólogo, llamó su atención. Después de comentar este hecho en el Museo y realizar un trabajo de campo simple se determinó que la Rana Cohete de Quito aún sobrevivía. La población remanente se encontraba restringida a un espacio muy reducido a orillas del Río Pita que en ese lugar es el límite cantonal entre el Distrito Metropolitano de Quito y el cantón Rumiñahui.

Hubo intentos de establecer una colonia *ex situ* de esta especie en las instalaciones de la Iniciativa de Conservación “Balsa de los Sapos” de la PUCE, pero desde ese momento se determinó lo complicado que podría ser. Los resultados de los protocolos de manejo, especialmente de los renacuajos encontrados en el campo, fueron buenos pero no se logró reproducir a la especie.

Yo conocí el sitio en el año 2011; durante varias visitas a este lugar, siempre escuché a machos cantando y observé renacuajos en el riachuelo que se formaba en ese mismo sitio gracias a un ojo de agua, que no debía ser más largo que unos 30 m antes de desembocar en el Río Pita. Hasta ahora es un misterio por qué la especie sobrevivió en este específico lugar; aventuro una conclusión: esta especie sobrevivió aquí debido a que ojo de agua deja salir a la superficie el agua subterránea limpia (libre de agentes patógenos) y al mismo tiempo mantiene húmedo el sitio sin importar el clima macro-ambiental.

Colectamos algunos individuos e intentamos nuevamente reproducirlos en el laboratorio sin resultados positivos. A diferencia de las

otras especies de dendrobátidos con las que habíamos trabajado antes, se podría decir que ésta es muy nerviosa y tímida. Posiblemente, su estrés por estar en el laboratorio, le impide poner toda su energía en la reproducción.

A pesar de que no hemos realizado estudios detallados del estado de la población y de su dinámica en los últimos años, casi estamos seguros de que esa población estaba al menos en un estado de estabilidad.

Como si fuera poco...

Como si fuera poco, la situación crítica de esta especie se agravó desde abril 2015 cuando el volcán Cotopaxi, uno de los volcanes activos más altos del mundo, inició un incremento en su actividad eruptiva. Los expertos mencionan que podría existir una nueva erupción, que en promedio ocurre una vez cada cien años. Sin embargo, el siglo XX transcurrió sin ver uno de estos eventos. La última erupción ocurrió el 26 de junio de 1877.

Una de las consecuencias de una potencial erupción del volcán Cotopaxi será el flujo de lahares por las quebradas que nacen en el nevado. Los lahares son flujos de lodo y rocas que se forman el momento de la erupción al derretir la nieve de la cima del volcán, son el efecto más devastador de la potencial erupción pues viajan a velocidades entre 20 y 70 km/h y arrastran cualquier cosa que se cruce en su camino. Lastimosamente, el río Pita es uno de los sitios donde estos flujos terminarán, y si eso ocurre, el pequeño sitio donde sobrevive la Rana Cohete de Quito desaparecerá (Fig. 2).

Esto plantea una situación única con respecto a la conservación de la biodiversidad en el Ecuador. Es la primera vez que una catástrofe natural amenaza la existencia de una especie completa y, adicionalmente, en caso de que se pudiera

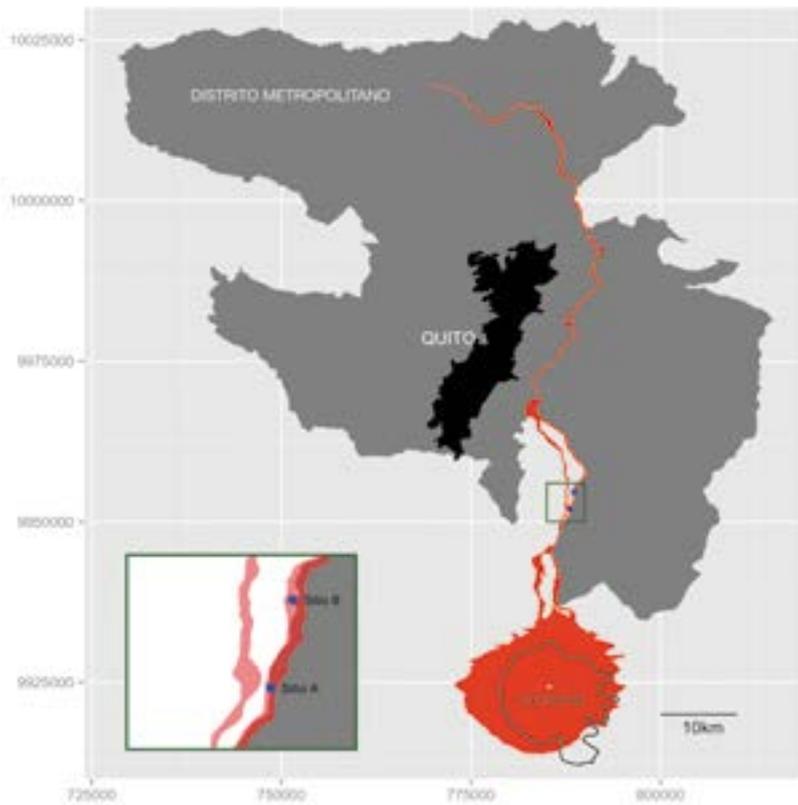


Figura 2. Ubicación del Volcán Cotopaxi con respecto a la ciudad de Quito y el Distrito Metropolitano y sus zonas de afectación de lahares hacia el norte (Zona roja). El recuadro muestra la ubicación de los dos sitios (círculos azules) remanentes para la Rana Cohete de Quito.

salvar a la especie la estructura del hábitat podría verse afectada, por lo que la supervivencia de esta dependerá de encontrar un sitio alternativo con características similares que puedan permitir el desarrollo de la especie.

¿Qué hacer ahora?

Al conocer los detalles de la potencial erupción, uno de los primeros pasos fue contactar a las autoridades ambientales nacionales y locales para conocer si habían iniciado algún tipo de acción. La Dirección Nacional de Biodiversidad del Ministerio del Ambiente (MAE) y la Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito no tenían ningún plan de acción sobre este tema.

Así que, con nuestra experiencia en el manejo de especies de anfibios y su conservación, alcanzada con nuestra Iniciativa de Conservación “Balsa de los Sapos” desde el año 2005, propusimos un plan integral para tratar de salvar a esta especie de su potencial extinción.

Después de tener el aval del MAE, iniciamos la medida más urgente que era la recolección de la mayor cantidad de individuos del campo que de otra manera morirían en caso de la erupción. En ese momento, visitamos el sitio donde la especie había sido registrada previamente, pero no encontramos rastros de adultos o renacuajos, muy probablemente, porque el monitoreo lo hicimos alrededor del mes de septiembre que corresponde al final del

verano en Quito y, además, porque no había llovido por algún tiempo, lo cual podía promover que los adultos se escondiesen en refugios y no se reprodujesen. La preocupación aumentó, pues parecía que ya nunca más oíríamos cantar a los machos, y que la recolección de renacuajos se convertiría en una quimera.

Por una casualidad, unos días después, me encontré con un amigo y colaborador del SAPARI (la exhibición pública de anfibios que realizamos en el 2005), Rafael Carrera, quien conocía a la rana y la zona donde estaba la especie. Me comentó que había escuchado cantos en una zona diferente, pero en las mismas orillas del Río Pita. Casi inmediatamente, visité con él el nuevo sitio y encontramos dos renacuajos. Otra vez, renacía la esperanza de poder salvar la especie (Sitio B en Fig. 2).

A partir de aquí, hemos visitado la zona varias veces y hemos logrado rescatar alrededor de 60 renacuajos, los cuales ya se encuentran cuidados por nuestro dedicado y motivado personal en las instalaciones de la “Balsa de los Sapos”. Todos los renacuajos están en estadios de desarrollo avanzados, por lo que creemos que son parte de la última época reproductiva (posiblemente alrededor de abril, que es época de lluvia). Sin embargo, no hemos escuchado cantar adultos aún, posiblemente, porque esta nueva época invernal (octubre-noviembre), anormalmente, no llegó con fuerza sino hasta mediados de diciembre 2015.

Hemos tomado datos de temperatura del agua en la que se encuentran los renacuajos en su riachuelo (12.5 °C) y, gracias a equipos especiales, hemos sido capaces de replicar este ambiente para el bienestar

de estos animales. Algunos de estos renacuajos han empezado a metamorfosear y esto abre nuevas esperanzas para la especie (Fig. 3).

El programa de conservación de la especie incluye, además, el desarrollo de ensayos de reproducción natural o asistida, búsqueda de sitios de potenciales de reintroducción (posiblemente en localidades históricas de colección) y difusión de los resultados que esperamos que sea a través de una nueva exhibición pública.

Este trabajo es costoso, y por esto reconocemos y agradecemos el apoyo económico brindado por la PUCE a este proyecto. Asimismo, debemos agradecer a la institución Alianza para la Supervivencia de los Anfibios (ASA por sus siglas en inglés) que nos ayudó a desarrollar una campaña de “Adopción de renacuajos” que permitirá financiar parcialmente el desarrollo de nuestro proyecto. La Unión para la Conservación de la Naturaleza, por medio de una beca SOS y la Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito, también se han sumado económicamente a esta iniciativa.

Pero...¿vale la pena el esfuerzo?

Al inicio de este proyecto, cuando difundimos nuestra intención de trabajar por la especie, recibimos un mensaje por las redes sociales cuestionando nuestro empeño: “¿Por qué siempre existe el interés de los científicos de jugar a ser Dios y no dejar que la naturaleza haga su trabajo? Si la naturaleza hace que el volcán erupcione, y esto causa la extinción de la especie, no debería ser la mano de los seres humanos quienes deben impedir ese destino”.

Este cuestionamiento es muy serio, y estoy muy de acuerdo en su afirmación general. La extin-

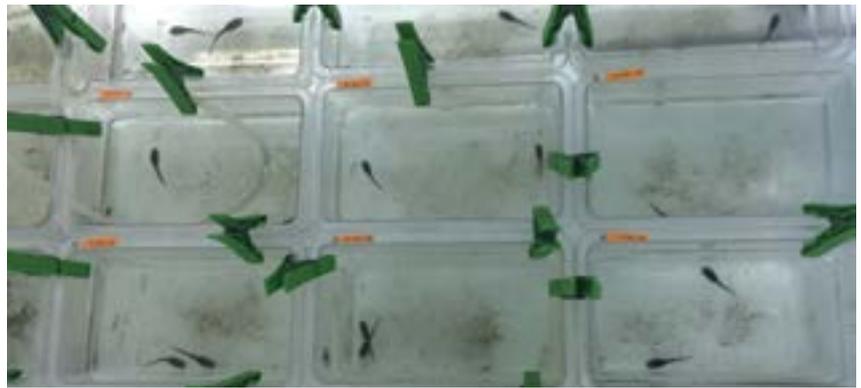


Figura 3. Renacuajos de la Rana Cohete de Quito en las instalaciones de la Iniciativa de Conservación “Balsa de los Sapos” rescatados de su sitio de remanencia amenazada por la potencial erupción del Volcán Cotopaxi.

ción es un proceso natural que debe actuar para poder permitir el desarrollo de la vida en el planeta. Lastimosamente, en este caso, no es solo el fenómeno natural de la erupción que pone en peligro de extinción de esta especie, es también la acción indirecta de los seres humanos la que llevó a esta especie a estar en esta situación crítica; pues, no hay que olvidar que los patógenos pueden ser introducidos gracias al movimiento de animales portadores entre diferentes zonas del planeta y la misma contaminación humana causa cambios en los regímenes climáticos. Por esto, en esta ocasión creo que una acción de conservación es nuestra responsabilidad fundamental para salvarla de la extinción.

Como científicos responsables de generar conocimiento, este esfuerzo vale la pena. En este camino que implica la conservación *ex situ*, podemos aprender mucho de la especie: su comportamiento reproductivo, su tiempo de desarrollo, fisiología, etc. Esa información es muy valiosa y en situaciones como los de las especies mencionadas al inicio del artículo, posiblemente extintas, ya nunca podremos conocer.

Finalmente, a pesar de sonar romántico y repetitivo, cualquier esfuerzo siempre será importante y valioso para evitar que la Rana

Cohete de Quito se sume a la lista iniciada por el icónico Pájaro Dodo y para que las siguientes generaciones puedan conocer a una especie, como esta maravillosa rana, en su hábitat natural.

Literatura consultada

- Ceballos, G. Ehrlichm, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M. y Palmer, T. M. 2015. Accelerated modern human-induced species loss: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances* (1):5. e1400253.
- Coloma, L. A., Frenkel, C. y Ortiz, D. A. 2012. *Hyloxalus jacobuspetersi*. En: Ron, S. R., Guayasamin, J. M., Yanez-Muñoz, M. H., Merino-Viteri, A., Ortiz, D. A. y Nicolalde, D. A. 2014. AmphibiaWebEcuador. Versión 2014.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <<http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/anfibios/FichaEspecie.aspx?Id=1239>>, acceso diciembre 3, 2015.
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. 2015. *Volcán Cotopaxi. Escuela Politécnica Nacional*. <<http://www.igepn.edu.ec/cotopaxi>>, acceso diciembre 3, 2015.
- IUCN. 2015. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Versión 2015-4. IUCN. <<http://www.iucnredlist.org/initiatives/amphibians/analysis/red-list-status>>, acceso diciembre 3, 2015. ☀

La aracnofobia: un caso de casa

■ Por Lic. Fernanda Salazar y Lic. Mauricio Vega
 Museo de Zoología QCAZ Invertebrados
 mfsalazar@puce.edu.ec; mauriciovegaperez@hotmail.com

Araña, arañita, subió la canaleta.
 Vino la lluvia y se la llevó.
 Ya ha pasado un día, ya pasaron dos,
 y la arañita nunca más volvió.
 (Anónimo).

Esta canción es una de las primeras que nos enseñan en la escuela; pero ¿a cuántos de nosotros nos gustan realmente las arañas? Esta y otras preguntas rondaron por mi cabeza desde que descubrí que mi pequeña hija tiene fobia a estos animales. Vaya que frustración sentí, yo bióloga, y mi hija tiene fobia a las arañas ¿En qué había fallado?

Podría casi asegurar que a un 99% de las personas no le gustan las arañas. La mayoría expresa no sentir miedo; sin embargo, las tachan de feas y repugnantes. Pero más allá de la repulsión que pueden causar, la fobia es algo totalmente distinto.

El DRAE (diccionario de la Real Academia Española) define fobia como un temor irracional compulsivo o una aversión obsesiva hacia un objeto, situación, persona, entre otros.

Nuestra casa se convirtió en un lugar peligroso a los ojos de mi hija; tanto que tenía que entrar primero alguien y asegurarse de que no hu-

biese arañas a la vista. Tras varios episodios de histeria y pesadillas llegamos a pensar que debíamos fumigar nuestra casa. ¿Pero qué iba a pasar si se encontraba con ellas en otros lugares?

Siendo las arañas un grupo tan numeroso entre los animales —45 776 especies conocidas en el mundo— (*World Spider Catalog*, 2015), es común encontrarlas en la cotidianidad humana.

Después de consultar a varias personas, que me recomendaron desde hacer que mi hija metiera su mano en un frasco con arañas, hasta darle una curación del espanto con plantas medicinales, optamos por aprender juntas sobre estos animalitos.

Miedo = Desconocimiento

Es normal sentir temor por lo desconocido; el miedo es una forma de protección inmediata ante el peligro que muchas veces despierta nuestra curiosidad. A pesar de que las arañas están fuertemente ligadas a la vida del hombre desde la antigüedad, su presencia no deja de causar fascinación.

Dibujos de arañas en cuevas prehistóricas nos muestran su cercanía al hombre, se han escrito fábulas y cantos, les han dado vida fantástica en comics como el hombre araña y hasta películas de ciencia ficción donde son las protagonistas malvadas que dominan el mundo. Sin embargo, no todos conocen su rol en los ecosistemas y si se nos cruzan en casa a más de uno se nos antoja darles un pisotón.

De arañitas y tarántulas

Explicemos algunos aspectos de las arañas que nos permitirán conocerlas un poco mejor y quizá, espero, aceptarlas como parte de nuestro entorno.

Las arañas pertenecen al grupo de los artrópodos y se caracterizan por tener 8 patas, no son insectos. No se alimentan de los humanos, pero sí de insectos, otras arañas, sapos y algunos pequeños roedores. Las arañas no pican, pues tienen un aparato bucal con quelíceros similares a dos colmillos afilados, no un pico.

Los colmillos poseen los conductos del veneno que le sirven para inmovilizar a sus presas. Todas tienen glándulas de veneno, a

excepción de una familia, pero no todas pueden causar daño a las personas, su veneno está dirigido a su presa; por tanto, no atacan a los humanos, no son agresivas.

Las mordeduras reportadas a personas no acusan intención y son poco frecuentes. Su instinto de supervivencia hace que las arañas huyan, se escondan o se queden inmóviles frente al peligro; pero pueden morder como última opción para protegerse.

Poseen glándulas que sirven para producir seda, con esta construyen verdaderas obras de arte de una arquitectura asombrosa para atrapar a sus presas. Otras utilizan la seda para acarrear las presas a sus nidos, para tejer un lugar dónde depositar sus huevos o para transportarse dejando flotar sus hilos al viento (Fig. 1), lo que les permite prácticamente volar y desplazarse grandes distancias.

Su tamaño puede variar desde 0.4 mm hasta 15 cm; nunca: “¿como 2 metros!” (expresión de mi hija). Las arañas han logrado adaptarse para vivir en muchos ambientes, pueden habitar lugares secos, húmedos, fríos, cálidos, debajo de la tierra, en árboles, en cuevas, en el agua, en nuestro jardín y hasta en nuestra casa. Viven solas o en grupo, dependiendo de su técnica para cazar.

¿Las arañas son buenas o malas para los humanos?

El término bueno o malo ha sido acuñado por el hombre y toma en cuenta principalmente aspectos referentes a su bienestar económico y de salud. Esta visión es muy relativa y depende mucho de la cultura de dónde venga la calificación.

En Brasil, los pueblos aborígenes consideran a las tarántulas un manjar; por tanto, son buenas y for-



Figura 1. Los hilos de seda son utilizados para movilizarse.

man parte de su dieta. En China, se construyen techos de paja en los cultivos de arroz para proteger a las arañas del invierno y que puedan estar listas para alimentarse de los miles de insectos que atacarán sus cultivos en primavera, es una forma de control biológico.

Dentro de las casas se encargan de mantenerlas limpias de mosquitos y cucarachas, principalmente; son muy importantes para el control de enfermedades como la malaria porque se comen a los insectos transmisores de esta enfermedad.

La seda producida por las ara-

ñas ha despertado mucho interés en los científicos debido a sus características especiales: resistencia y elasticidad, es la mitad de resistente que el acero, y más elástica que el nylon; se piensa que sus fibras se podrían utilizar para hilos quirúrgicos, prótesis, cables, ropa y hasta chalecos antibalas (Fig. 2); sin embargo, hasta ahora no se ha podido reproducirla a nivel industrial.

El único aspecto por el que podrían ser catalogadas como malas es por el efecto que causa la mordedura de las arañas en el hombre, ya que los venenos más potentes



Figura 2. La seda de las telas de araña posee gran resistencia y elasticidad.

atacan el sistema nervioso y pueden llegar a causar la muerte. No obstante, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce 4 géneros con 145 especies peligrosas distribuidas en todo el mundo; es decir, a penas el 0.32 %. Y a este número hay que restar aquellas que viven en ambientes alejados de las urbes y las que por sus quelíceros pequeños no podrían traspasar la piel del hombre.

Por otro lado, los accidentes con arañas venenosas se producen generalmente en zonas agrícolas y rurales, fuera de las casas. En todo caso, el conocer la presencia de estas nos puede ayudar a prevenir accidentes y tomar medidas de protección para el trabajo en el campo.

¿Qué sabemos de las arañas del Ecuador?

Como la mayoría de los invertebrados en el Ecuador, las arañas son poco conocidas a nivel científico. Apenas se reconocen unas 709 especies para el país (Dupérré, 2013), y si nos ponemos a pensar que en 3 km de la Amazonia pueden existir 35 000 especies de insectos (Dangles & Nowicki, 2010), es fácil imaginar cuántas especies de arañas los podrían estar cazando; si a esto le añadimos la gran variedad de habitats que posee el Ecuador, estaríamos frente a una extraordinaria diversidad de especies en cuanto formas, tamaños y colores que aún se encuentran a la espera de ser descubiertas y estudiadas.

El estudio de las arañas, o aracnología, en el Ecuador se ha desarrollado de manera lenta en comparación a otros países de América del Sur, no es sino hasta los últimos 15 años donde diversos proyectos y colecciones han permitido descubrir y conocer la fauna de las ara-

ñas presentes en el país. En 1997, se publica una lista preliminar de las especies presentes en Ecuador por el investigador Vincent D. Roth, la cual se basó en registros de literatura, en diferentes catálogos internacionales de arañas, así como en revisiones personales en el Museo de Invertebrados QCAZ, el Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) y la Academia de Ciencias de California (CAS). Esta primera lista contenía un total de 315 especies y permitió obtener una idea general de lo que se conocía, y qué lugares del país faltaba por muestrear. Actualmente se maneja el catálogo *Arachnids of Ecuador*, que incluye otros órdenes como escorpiones, ácaros y opiliones permitiendo ampliar el estudio de estos desconocidos animalitos. En los últimos dos años, gracias al trabajo de Nadine Dupérré, se han descrito más de 30 nuevas especies de arañas para el Ecuador, siendo algunas especies únicas de determinados bosques de nuestro país.

Podríamos decir que recién estamos en la fase de conocer lo que tenemos y aún queda mucho traba-

jo por realizar en cuestiones taxonómicas, ecológicas, de distribución de especies, grupos en peligro de extinción, etc. La labor realizada hasta el momento por diferentes científicos han proporcionado una base sólida de conocimiento sobre la cual se puede plantear una infinidad de nuevas investigaciones, convirtiendo al país en un referente de diversidad en este grupo de artrópodos.

Las arañas habitantes de nuestras casas

Resulta gracioso pensar que como humanos nos encanta la naturaleza, admirar sus hermosos paisajes, conocer lugares exóticos de nuestra geografía y contemplar la belleza de los animales que los habitan; pero cuando regresamos a nuestros hogares nos espantamos si encontramos algún bicho en el interior de la casa.

¿Pero por qué viven las arañas dentro de nuestras casas? Si lo analizamos desde el punto de vista ecológico, cuando el ser humano perturba un ambiente crea nuevos habitats artificiales que brindan



Figura 3. Falsa viuda negra (*Steatoda* sp.) de un rincón de nuestra casa.

posibilidades más óptimas para la existencia de muchas especies, las cuales de otra manera no podrían cohabitar con el hombre (Durán-Barrón *et al.*, 2009). Para una araña, una vivienda es un gran ecosistema que le provee diferentes hábitats con varias condiciones necesarias (alimento, temperatura, humedad) para lograr su supervivencia y dejar descendencia (Desales-Lara *et al.*, 2013).

Las arañas que al parecer se han adaptado al interior de una casa prefieren lugares donde la temperatura y la humedad se mantienen casi constantes, creando condiciones óptimas para que se desarrollen sus presas potenciales. Existe una gran variedad de especies de arañas que habitan con nosotros, y su presencia depende mucho de la región en la cual nos encontremos; pero podríamos nombrar a tres especies que nunca van a faltar en el interior de cualquier casa: La araña doméstica o *Tegenaria doméstica*, es nativa de Europa pero se ha expandido por todo el mundo. Su tamaño varía entre los 6 y 12 mm, con una cabeza rojiza y un abdomen pardo blanquecino, construye telas con forma de embudo muy comunes en bodegas o sitios oscuros. Otras arañas que prefieren lugares oscuros, ya sea bajo los sillones o detrás de lavabos, son las falsas viudas que perteneces al género *Steatoda*. De un color café oscuro, varían entre los 4 a 11 mm, y construyen telas bastante irregulares. Es común ver a los machos recorriendo paredes o esquinas en busca de las hembras, que por lo general se encuentran en sus telas. Pero una araña que causa nuestra mayor fascinación y es muy fácil encontrarla es la araña saltadora, perteneciente al género *Mexigonus* (Fig. 4), rápida de movimientos,



Figura 4. Araña saltadora *Mexigonus* sp.

nos sorprende al dar grandes saltos para alejarse. Esta araña se encuentra en mayor cantidad, pues aprovecha al máximo los microhábitats que una casa le pueden proporcionar (Desales-Lara *et al.*, 2013).

Quizá no lograré
que a mi hija le
gusten las arañas;
pero al menos
espero que pueda
mirarlas sin
sentir pavor y
respete a un ser
vivo que forma
parte de nuestro
ecosistema.

Conclusiones

Los prejuicios por el aspecto de las arañas, que no gozan de ser bonitas comparadas con otros animales como las populares mariposas, han hecho que lleguen a disgustarnos; asimismo, la información distorsionada, reducida y sesgada que recibimos desde pequeños nos ha

llevado a sentir un temor infundado y desprecio por su vida.

Siendo Ecuador un país mega-diverso queda aún mucho trabajo por realizar en el afán de conocer el mundo que habitamos. La educación de niños y adultos sobre estos pequeños seres que nos rodean nos ayudará a respetarlos y protegerlos.

Quizá no lograré que a mi hija le gusten las arañas; pero al menos espero que pueda mirarlas sin sentir pavor y respete a un ser vivo que forma parte de nuestro ecosistema.

Bibliografía consultada

- Dangles, O., Nowicki, F. 2010. *Biota maxima*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador e y Instituto Francés para Investigación y Desarrollo (IRD). Quito, Ecuador.
- Desales-Lara, M., Francke, O., Sanchez-Nava, P. 2013. Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) en hábitats antropogénicos. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84, pp:91-305.
- Dupérré, Nadine. 2013. *Arachnids of Ecuador*. Versión digital: <http://aracnidos.otonga.org/>
- Durán-Barrón, C., Francke, O., Pérez-Ortiz, T. 2009. Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) asociadas con viviendas de la ciudad de México (Zona Metropolitana). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80, pp:55-69.
- Francke O. 2014. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85:408-418.
- García P. 2009. *Las arañas y sus telas un paradigma multidisciplinar*. REALIGRAF S.A. Madrid.
- Peralta L. 2013. Las arañas del banano (*Phonentría* spp.) las más temidas de Centro y Sur América. *Bioma*.
- World Spider Catalog. 2015. World Spider Catalog. Natural History Museum Bern. Versión digital: <http://wsc.nmbe.ch>, version 16.5. 🌟

Infecciones asintomáticas: ¿la regla o la excepción?

■ Por Dr. Fabián Sáenz y Lic. Claudia Vera Arias
Centro de Investigaciones en Enfermedades Infecciosas y Crónicas
fsaenz213@puce.edu.ec; claudia.vera.arias@gmail.com

Si no se siente mal, entonces no tiene ninguna enfermedad. Esto es lo que pensamos la mayoría. Sin embargo, podríamos estar albergando más de un patógeno dentro de nuestro organismo.

A fines del siglo XIX, Robert Koch realizó experimentos con las bacterias de ántrax demostrando que los microorganismos causaban enfermedad. Así mismo observó que para algunas enfermedades ciertas personas parecían no presentar síntomas pero mantienen al agente causante dentro de su organismo.

La presencia de individuos asintomáticos fue demostrada claramente en 1906 cuando se descubrió que una persona podía mantener la bacteria causante de la tifoidea en su cuerpo, contagiando a otras y sin presentar síntomas. Fue el caso de Mary Mallon (conocida como Typhoid Mary) que infectó a más de 50 personas entre 1900 y 1915 al trabajar como cocinera para varias familias de Nueva York. Al ser identificada como portadora de la enfermedad, fue puesta en cuarentena. Al ser liberada volvió a su trabajo de cocinera y causó nuevos brotes de la enfermedad. Lo impactante de esta historia no fue el número de contagiados si no el hecho de que Mary no hubiese presentado síntomas de una enfermedad,

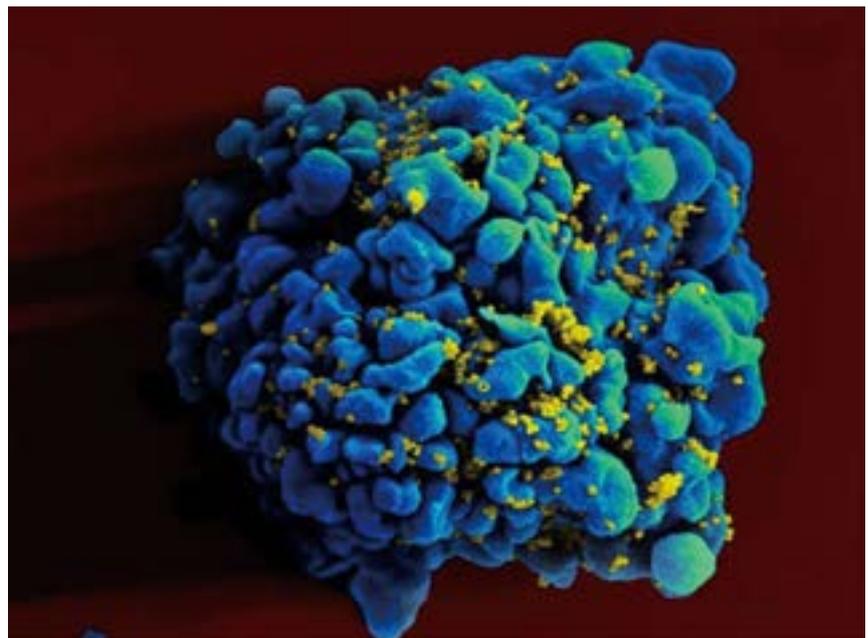
pero sí pudo transmitirla; es decir, que la bacteria estaba presente en el cuerpo sin causar síntomas. Se trataba entonces de una infección asintomática, una infección en el que un paciente es portador de la enfermedad (o del agente causante de la misma) pero no muestra los síntomas asociados a esta.

Hoy en día, sabemos que las infecciones asintomáticas son muy comunes en muchas enfermedades infecciosas, y para ejemplificarlas veamos cómo ocurren las infecciones asintomáticas en tres de las enfermedades infecciosas causantes de la mayor cantidad de muertes en el mundo: el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA)

causada por un virus de inmunodeficiencia humano (VIH), la tuberculosis, causada por la bacteria *Mycobacterium tuberculosis* y la malaria causada por el parásito protozoario *Plasmodium*.

SIDA:

El VIH es la causa del SIDA; se transmite por relaciones sexuales, por compartir inyecciones, por transfusiones de sangre o de manera congénita (de la madre al hijo). El SIDA provoca la muerte de más de un millón de personas cada año, sobre todo en países pobres del mundo. El virus del VIH infecta preferencialmente los linfocitos T CD4 (Fig. 1), que están



Por NIAD

Figura 1. Imagen de microscopía electrónica mostrando partículas de VIH infectando un linfocito T.

en el centro de la respuesta inmune del organismo. Con el paso del tiempo (generalmente años), ocurre una disminución considerable del número de linfocitos T CD4, lo que lleva a una disminución de la capacidad del cuerpo a responder a infecciones externas, llevando a la muerte a la persona infectada debido a infecciones que muchas veces son inocuas para el resto de la población.

Si bien, el virus al entrar al cuerpo causa muchas veces una serie de síntomas agudos, estos desaparecen y los síntomas de la enfermedad avanzada reaparecen únicamente después de varios años, cuando la persona se ve afectada por otras infecciones externas y su organismo no puede luchar contra ellas. El periodo asintomático dura varios años; sin embargo, una persona puede transmitir la enfermedad a otras.

Tuberculosis

La tuberculosis es una enfermedad presente en todo el mundo causada por el bacilo *Mycobacterium tuberculosis* (Fig. 2), bacteria que causa la muerte de más un millón de personas al año. *M. tuberculosis* afec-

ta principalmente a los pulmones al alojarse en los alveolos.

La tuberculosis se transmite a través de bacterias expulsadas al aire. La transmisión ocurre generalmente por minúsculas gotas que contienen los bacilos y que las personas infectadas sin tratamiento, o que se encuentran en los primeros días de incubación, expulsan al toser, estornudar o hablar. La transmisión de estas bacterias por alimentos no es frecuente. La multiplicación de *M. tuberculosis* es lenta y la bacteria puede entrar en estado latente, y retrasar su multiplicación desde algunos días hasta varios años o no llegar nunca a manifestarse. Por esta razón, se considera que el reservorio natural de *M. tuberculosis* es el ser humano, tanto del sano infectado como del enfermo. El número de personas infectadas con tuberculosis es tan alto que se considera que un tercio de la población mundial puede estar infectada con tuberculosis, y que más de 10 millones son infectadas cada año (la gran mayoría asintomáticos). La tuberculosis puede ser prevenida por una vacuna; sin embargo, esta no llega a todo el mundo.



Imagen: CDC

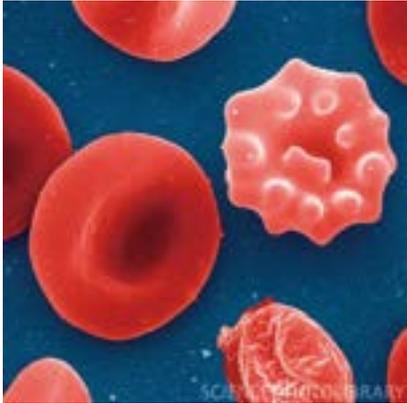
Figura 2. Bacilos de *Mycobacterium tuberculosis*.

La tuberculosis es una enfermedad que está presente en todo el mundo, con mayor prevalencia en países en vías de desarrollo, principalmente en África y Asia. Se estima que cerca de un tercio de la población mundial puede estar infectada con tuberculosis y que más de 10 millones son infectadas cada año y cerca de 1,5 millones mueren (tbalert.org).

Malaria

La malaria es una enfermedad causada por el parásito protozooario *Plasmodium* y es transmitida por una hembra del mosquito *Anopheles*. Los dos principales especies de *Plasmodium* que causan malaria en humanos son *P. falciparum* y *P. vivax*. Siendo *P. falciparum* la que causa más morbilidad y mortalidad, y *P. vivax* la que está más dispersa geográficamente. El parásito de la malaria pasa por el hígado de una persona para después invadir los glóbulos rojos (Fig. 3). La malaria causada por *P. vivax* tiene un estadio de hipnozoito que puede permanecer en el hígado de una persona por mucho tiempo (meses o años) causando el relapso de la enfermedad y manteniendo a la persona infectada de manera asintomática. Durante mucho tiempo se consideró que la malaria causada por *P. falciparum* era una enfermedad mayoritariamente sintomática; pero ahora conocemos que tanto *P. falciparum* como *P. vivax* pueden permanecer en la sangre de una persona en concentraciones muy bajas gracias a la inmunidad del hospedero. Esto se observa incluso en zonas de muy baja transmisión.

Sitios, en donde se creía que la malaria había sido eliminada, tienen porcentajes altos de la enfermedad que permanece circulando en estado asintomático. Un ejemplo



Science photo library

Figura 3. Eritrocito normal (izquierda) y eritrocito infectado con *Plasmodium* (derecha).

son zonas de nuestro país (provincia de Esmeraldas) en donde solo se reportan casos clínicos aislados de *P. falciparum*; pero hemos encontrado que tanto *P. falciparum* como *P. vivax* se mantienen a concentraciones muy bajas en la sangre de personas en comunidad sin causar síntomas.

La punta del iceberg

Los casos aquí detallados representan un grupo muy pequeño de todas las enfermedades causadas por virus, bacterias y protozoarios que son asintomáticas en gran par-

te de la población. En todos los casos que hemos visto, los sintomáticos representan únicamente una proporción muy pequeña del total. Esto no se había evidenciado antes porque no es sino hasta hace poco que se empezaron a utilizar técnicas de diagnóstico molecular muy sensibles.

Los casos asintomáticos de muchas enfermedades infecciosas representan un porcentaje muy alto del total de personas infectadas. Es por esto que cabe la analogía con un iceberg en el que los casos que detectamos (los casos sintomáticos) son solo la punta del iceberg (lo que podemos ver), mientras que los casos asintomáticos son muchos más pero están ocultos (Fig. 4). Lo que es más importante, en casi todos los casos, la transmisión de la enfermedad es factible en casos asintomáticos e incluso cuando la enfermedad no puede ser detectada. Desgraciadamente, no existe una política de tratamiento de las infecciones asintomáticas en muchas enfermedades, de acuerdo a las guías del Ministerio de Salud y los individuos infectados pero sin síntomas contribuyen al mantenimiento de la transmisión,

dificultando el control y la eliminación de las enfermedades.

A manera de conclusión

El objetivo de los científicos y personal de la salud pública que trabajamos en el estudio de las enfermedades infecciosas es aportar al control y a la eliminación de estas. Sin embargo, ¿cómo podemos luchar contra algo que no podemos ver como son las infecciones asintomáticas? La respuesta está en desarrollar métodos de diagnóstico que permitan identificar a los patógenos que se encuentran en concentraciones muy bajas; en buscar estos patógenos en zonas relevantes en poblaciones en riesgo y aplicar rápidamente tratamientos específicos, en conjunto con campañas de prevención, mientras continúa la búsqueda de vacunas para cada una de estas enfermedades. Solo con acciones conjuntas entre los investigadores y el personal de salud se conseguirán resultados palpables para avanzar hacia la eliminación de estas enfermedades.

Literatura consultada

- Baggaley RF, Hollingsworth TD. HIV-1 transmissions during asymptomatic infection: exploring the impact of changes in HIV-1 viral load due to coinfections. *J Acquir Immune Defic Syndr*. 2015 Apr 15;68(5):594-8.
- Brooks J. The sad and tragic life of Typhoid Mary. *CMAJ*. 1996 Mar 15;154(6):915-6.
- Dutta KK, Karakousis PC. Latent tuberculosis infection: myths, models, and molecular mechanisms. *Microbiol Mol Biol Rev*. 2014 Sep;78(3):343-71.
- Laishram DD1, Sutton PL, Nanda N, Sharma VL, Sobti RC, Carlton JM, Joshi H. The complexities of malaria disease manifestations with a focus on asymptomatic malaria. *Malar J*. 2012 Jan 31;11:29. ☀

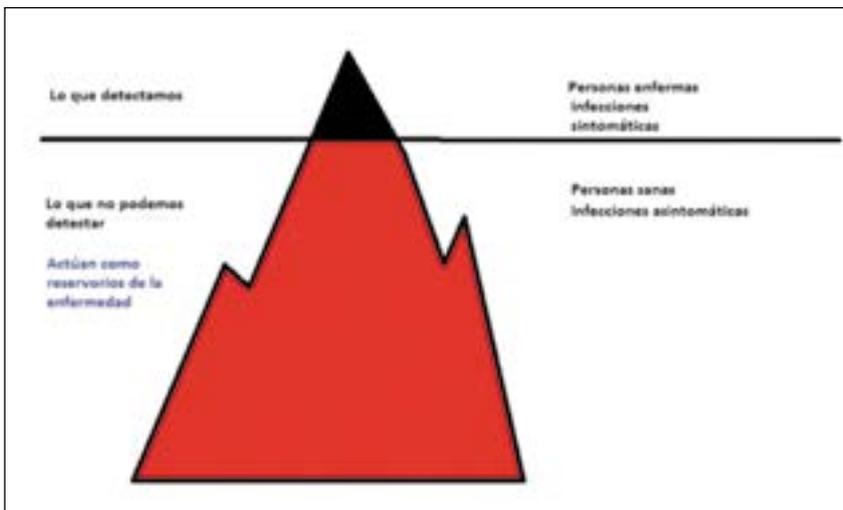


Figura 4. Las infecciones que detectamos regularmente son solo la punta del iceberg. La gran mayoría de infecciones son asintomáticas y, generalmente, no son detectadas ni tratadas.

Importancia del enfoque socioambiental en la investigación de la salud

■ Por Mtr. Andrea Rodríguez-Guerra
Centro de Investigación para la Salud en América Latina
marorodriguezg@puce.edu.ec

Uno de los objetivos de la investigación es la construcción de recursos para lograr acciones que tengan como fin poner en práctica teorías que permitan incrementar la calidad de vida de poblaciones locales mediante la resolución de problemas sociales y ambientales. Pero, ¿cómo se pueden resolver estos problemas? La clave para alcanzar este fin sería una constante comunicación entre los gobiernos locales y la academia. Sin olvidar, por cierto, el reclutamiento y preparación constante de un equipo interdisciplinario de expertos docentes-investigadores en líneas de estudio relacionadas con las ciencias naturales, médicas y sociales que trabajen conjuntamente en los centros de investigación y educación del país. Esto permitiría el fortalecimiento de redes cooperativas de investigadores multidisciplinares con una visión crítica de la realidad social.

Calidad de vida y salud pública

Desde 1948, la ONU, a través de la Declaración Universal de Derechos Humanos, vela por el derecho de las poblaciones a la alimentación, salud, trabajo, vivienda, educación y seguridad social. Sánchez (1995: 33)

afirma que “desde la independencia política en el siglo pasado, los países latinoamericanos han vivido un proceso de lucha constante para la búsqueda de su bienestar”. La recesión económica podría ser un factor determinante del aumento de enfermedades en territorios donde no hay un adecuado acceso a servicios básicos y atención médica. Otros factores, como la desnutrición, las enfermedades intestinales y respiratorias, el aumento de mortalidad infantil, el alcoholismo y uso de drogas contribuyen a la aparición de trastornos físicos y mentales en la población que pueden provocar el deterioro de su calidad de vida, y con ello el aumento de violencia en las ciudades.

No obstante, la salud pública depende de otros factores determinantes en la población, que incluyen condiciones de vida, comportamiento de las personas y medio en el que se desarrollan sus actividades diarias. La búsqueda de una cooperación latinoamericana permitiría fortalecer el desarrollo económico regional, la construcción de una identidad cultural y, por ende, el mejoramiento de la salud regional.

Dentro de la promoción de la salud pública existen tres principales enfoques técnicos: el biomédico, el comportamental y el socioambiental. El primero de ellos incluye

el estudio del diagnóstico e investigación de una lista de enfermedades cardiovasculares, cáncer, VIH, diabetes y obesidad. El enfoque del comportamiento incluye el análisis de los hábitos relacionados a las mismas: hábitos alimenticios, dieta, fumar, actividad física, abuso y estrés. Y, finalmente, el enfoque socioambiental incluye el análisis de factores que influyen al incremento del riesgo a tenerlas, como son la pobreza, desempleo, vivienda, contaminación ambiental, condiciones de trabajo y riesgos a los que están expuestas la poblaciones.

¿Qué es lo socioambiental?

El ser humano en su estado natural ha vivido en armonía con el ambiente y se ha relacionado con los seres vivos que habitan en él. El concepto de ambiente es inseparable del concepto de la vida; por esta razón, la humanidad ha buscado un vínculo entre lo ambiental (la naturaleza y los seres vivos) y su entorno (el territorio o hábitat donde se desenvuelve), dicho vínculo es actualmente conocido como “desarrollo sostenible”, concepto que ha sido muy utilizado en la actualidad como objeto básico de un discurso político de la gestión en proyectos.

El término “desarrollo sostenible” se originó décadas atrás en el Informe de Brundtland en 1987

desarrollado por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, creada en la Asamblea de Naciones Unidas en 1993, y desde entonces se lo ha utilizado como emblema para el desarrollo de todo proyecto socioambiental (ONU, 2006). En ese sentido, no se puede negar que toda actividad humana genera un impacto o cambio en las condiciones ambientales del entorno. Es por esta razón que tradicionalmente se han considerado lo social y lo ambiental como dos aspectos distintos y aislados.

Otro aspecto que ha quedado relegado es la influencia que tienen los sistemas sociales-comportamentales y ambientales en la salud de las poblaciones. Es así que podría pensarse que una defectuosa interacción social con el ambiente podría ser la causa del origen de muchas de las enfermedades y reemergencia de otras.

La escala de lo socioambiental se construye desde las respuestas individuales hacia lo comunitario. Se debe entender que el ritmo de desarrollo social no tiene el mismo ritmo de la naturaleza. Las dinámi-

cas sociales tienen distintas velocidades comparadas con la naturaleza y los ecosistemas. El equilibrio de la naturaleza es muy delicado y puede ser fácilmente alterado. El paradigma está en si el humano tiene el derecho de modificar su ambiente natural para satisfacer sus necesidades.

A pesar de nuestras habilidades especiales, los seres humanos todavía están sujetos a las leyes de la naturaleza. Las ciencias exactas y las ciencias sociales deben llegar a un punto de equilibrio que permita entender la importancia de la investigación básica y la aplicabilidad del conocimiento científico al desarrollo social. El estudio de lo socioambiental conlleva ir más allá de la descripción de línea base en una investigación; es encontrar la aplicabilidad del conocimiento científico de base a la búsqueda de soluciones y formas de desarrollo social en equilibrio con el ambiente.

El enfoque socioambiental tiene como finalidad lograr el estudio de los factores influyentes para la salud mediante los cuales se pueda lograr cambios en las decisiones de cada individuo; es decir, que el co-

nocimiento local llegue a ser global en un punto. El aprovechamiento equilibrado de los recursos y la manera en la que hacemos uso de ellos puede ser la clave para lograr el bienestar social de una población y sostenimiento de las comunidades a largo plazo.

La importancia del enfoque y herramientas para su estudio

La salud pública, el desarrollo comunitario y la seguridad y soberanía alimentaria son áreas de investigación que no han participado tradicionalmente en contextos socioambientales.

Las bases conceptuales de las ciencias ambientales y médicas aportan al levantamiento de información innovadora y más aplicable para generar soluciones a algunos conflictos que se generan al gestionar recursos naturales de un territorio local.

En la actualidad, la investigación realizada por las ciencias naturales y médicas resulta muy técnica y no siempre se aplica a la realidad del país pues la información generada en estas disciplinas resulta ser inviable o difícil de lograr debido a las condiciones físicas o económicas. Tras años de análisis de diversidad existente en nuestro territorio y estudios de casos puntuales, la información generada que se ha plasmado en publicaciones (la mayoría de carácter científico-técnico) no trasciende más allá de la comunidad académica.

Algunos investigadores han logrado encontrar la relación entre la técnica y la práctica de sus investigaciones. Las ciencias médicas y naturales deberían ser más prácticas en cuanto al cambio de su estrictez científica innata para lograr el establecimiento de un



Por Esteban Baus C.

Encuestas de acompañamiento social, provincia de Loja, Ecuador.



Fumigación preventiva de hogares, provincia de Loja, Ecuador.

compromiso de actuar sobre un área determinada. Se debería tener un enfoque más práctico y social con el fin de que todo el conocimiento generado durante las investigaciones tenga una aplicación verdadera sobre el desarrollo de la vida humana.

Siguiendo esta línea, se debería incluir cátedras de asignaturas sociales, económicas y políticas dentro de la malla curricular de ciencias exactas, naturales y médicas (Fernández, 2009). Este enfoque social permitiría a los estudiantes abrir los ojos ante las problemáticas cotidianas locales. Una estrategia para la generación de conocimiento y conciencia ambiental y social en los estudiantes de estas disciplinas podría ser la promoción de actividades extracurriculares de vinculación con la comunidad en las que se pongan en práctica los conocimientos académicos y a la vez se brinde un servicio y ayuda para el desarrollo comunitario. Se debe ofertar mallas curriculares multidisciplinares que combinen adecuadamente las ciencias médicas, naturales y sociales.

La incorporación de métodos cualitativos en la investigación de la salud pública permite la inclusión

de información indispensable para poner en marcha programas de salud y tomar decisiones políticas que sirvan de base para que se den intervenciones exitosas.

Adicionalmente, es necesario el desarrollo de recurso humano en el área médica que incorpore componentes como la epidemiología crítica, ciencias económicas y sociales, comportamiento social y administración de la salud en las propuestas de investigación. Estos proyectos pueden desarrollar nuevos conocimientos que mejoren la calidad de vida de las poblaciones, con el fin de lograr la meta de resolver las urgentes demandas a problemas de salud pública.

El impacto de la crisis en la salud de la población puede variar de acuerdo a las medidas adoptadas en cada país para satisfacer las necesidades de la población y velar por su salud; esto es importante para sintonizar adecuadamente la investigación en salud a los intereses sociales para llevar a cabo acciones concretas en pro del desarrollo social y ambiental del sitio.

¿Hacia dónde ir?

Es claro que la reducción presupuestaria de los gobiernos merma

la calidad de atención y calidad de vida de las poblaciones locales. El desarrollo social y ecológico debe impulsar a la comunidad a aprovechar los recursos siguiendo políticas claras que velen por la justicia social y ambiental. Lastimosamente, la mayoría de decisiones políticas pueden tener consecuencias significativas en las poblaciones pobres o minoritarias en comparación con las consecuencias en grupos más pudientes, siendo este último el menos afectado.

Una de las maneras para relacionar lo social y lo ambiental es a través de la implementación de nuevas formas de cátedra de ambos enfoques, mediante una educación ambiental hacia una transformación social en la que se enfatice una cooperación de varias disciplinas para abordar distintos puntos de vista sobre un tema (empatar la ciencia con la gente). Es necesario mantener la capacidad adaptativa de la investigación interdisciplinar de tal manera que se pueda renovar la forma en la que se hace ciencia a través de la redefinición de los sistemas educativos para lograr la transformación social con educación ambiental.

El ser humano encuentra su estado de bienestar cuando logra satisfacer sus necesidades; pero las necesidades sociales pueden influir sobre el entorno natural. La clave es saber cómo llevar a cabo conductas ambientalmente correctas y sustentables. Las acciones en investigación deben ser coordinadas con los ministerios de salud, ambiente y educación para que todo proyecto desarrollado por la academia pueda generar productos aplicables a la realidad del comunitaria, regional y nacional. Ya es tiempo de que la investigación dé un giro radical en

la aplicabilidad del conocimiento científico para encontrar una solución para una necesidad social; solo así un investigador podría sentirse satisfecho de haber contribuido al desarrollo de su país.

La misión de los investigadores deberían enfocarse en resolver paradigmas, ampliar la visión unidireccional de la ciencia tradicional a una holística y multidisciplinaria, considerando que algunos problemas ambientales tienen un origen social. El análisis multidisciplinario permite empatar herramientas cualitativas y cuantitativas para encontrar explicación a procesos sociales y ambientales que pueden influir en la salud desde una visión holística local.

¿Qué queda por hacer?

Los investigadores deben tomar conciencia acerca de la importancia de la aplicabilidad de la investigación desde la mirada de las ciencias exactas mediante la búsqueda de relaciones entre lo demográfico, económico, político y comportamental en las poblaciones de seres vivos para intentar dar un giro de los estudios hacia un enfoque social.

Las investigaciones en el área de la salud deberían tener como objetivo primordial la búsqueda de soluciones mediante la interacción científica para mejorar la calidad de vida de poblaciones a nivel local y global. El proceso para hacerlo sería mediante la realización de monitoreos de las realidades ambientales, sociales que influyen la deterioro ambiental. El fin de la investigación científica en salud debería ser la consolidación de los dos conceptos: social y ambiental con una interconexión del mundo globalizado moderno mediante un trabajo interdisciplinar científico y



Por Andrea Rodríguez-Guerra

Entrevistas locales, Cariamanga, provincia de Loja, Ecuador.

técnico para abordar los temas ambientales cíclicos y no lineales.

Se requiere, además, una perspectiva dinámica y sistémica para que la ciencia trabaje con la gente y que todo análisis y diagnóstico de un tema determinado no solo esté dado por las ciencias sociales sino por las biológicas, geográficas, médicas y ecológicas. Igualmente, es necesaria la implantación de nuevas formas y condiciones de realizar investigación generando nuevos modelos de desarrollo con economías sustentables que reconcilien al ser humano con la naturaleza para tener alternativas para desacelerar el desarrollo actual.

En este sentido, los conflictos detectados en ciertas zonas no deben verse como problemas por resolver a corto plazo, sino como motores que empujan procesos de transformación institucional o social a mediano y largo plazo. Se necesita adoptar estrategias socioecológicas en las cuales la planificación de una actividad humana sea integral, heterogénea y que su territorio tenga capacidad de resiliencia. Estas estrategias deben ser

sistémicas, interdisciplinares y holísticas para poder abordar adecuadamente los problemas emergentes en un territorio determinado para garantizar la reproducción social y ecosistémica, respetando la forma como los pueblos quieren vivir. La investigación no debería ser un fin sino un proceso o una herramienta para encontrar soluciones a los problemas en la salud pública.

Literatura consultada

- Fernández Lorenzo Liliana & Cristina Noemí Carrara (2009). Socio-Environmental approach in the public accountat's formation. *Visión de Futuro*, Año 6, n.º 2 Volumen n.º 12, Julio-Diciembre 2009.
- ONU (2006). *Informe de Brundtland-1987*. En línea: <https://desarrollosostenible.wordpress.com/2006/09/27/informe-brundtland/>. Visitado 5-enero-2016.
- Sánchez Martínez Fernando (1995). *Papel de la Universidad en la Elevación del Nivel de Salud de la Población*. En: *Desarrollo de Recursos Humanos en Salud: La experiencia Dominicana*, Compilado por Rosa María Borrell y Wilfredo Lozano. FLACSO-República Dominicana. 🌸

Algunas especies y usos de las plantas útiles en la medicina tradicional de los Kichwa del Napo

■ Por Mtr. Omar Vacas Cruz
Herbario QCA
omarvacas@yahoo.com

“El entendimiento de la medicina ancestral-tradicional exige a la comprensión humana a sintonizarse con la lógica de la naturaleza. Solamente si pensamos y sentimos como la naturaleza podemos entender y comprender las leyes que nos ayudan a vivir o morir en este mundo.”

Luis Enrique Cachiguango

(Dirección de Salud Intercultural del Ministerio de Salud Pública del Ecuador)

Recuento histórico de los Kichwa del Napo

En la región del Alto Napo se asienta un pueblo cultural indígena que está ubicado en las estribaciones amazónicas de la cordillera oriental o ceja de montaña, región muy próxima a la Sierra ecuatoriana. Caracterizado históricamente por ser una etnia que se configura por aglutinación de otras y con gran conocimiento en prácticas etnomédicas, los “Napo Runa” que incluyen a los Kichwa de Napo (Quijos) y los Kichwa de Pastaza (Canelos) han mantenido contacto permanente con actores foráneos a lo largo del tiempo, lo que les ha conducido a incorporar referentes culturales externos, sobre todo en técnicas de salud y en sistemas económicos.

Para los “Napo Runa”, la chakra es reconocida socialmente como un espacio productivo femenino, donde se expresa el conocimiento tradicional, los elementos rituales y simbólicos que forman parte de la cosmovisión indígena, es por ello que ocupa un sitio importante en la vida cotidiana; las chakras son muy diversas y además de los productos agrícolas de subsistencia que cultivan como el plátano, yuca, maíz, naranjilla, palmito, chonta, café y cacao, utilizan gran variedad de plantas medicinales, entre las que tenemos: *Cordia nodosa* (palo de araña): mordeduras de serpientes, *Ocotea quixos* (canela): antigripal, *Ilex guayusa* (guayusa): antirreumático, *Abuta grandifolia* (palo de tortuga): analgésico (Fig. 1), *Bixa Orellana* (achiote colorado): trata la epilepsia, *Banisteriopsis caapi* (yaje): trata mal aire y mal de ojo, entre otras.

Su cosmovisión tiene tres mundos: “sacha” (selva), “allpa” (tierra) y “yaku” (agua); en estos se desarrollan las diferentes formas de energía y vida. Los chamanes son parte de su cultura y tienen el poder de comunicarse con espíritus y deidades que determinan el destino de los seres humanos, apoyándose en las plantas medicinales que brindan sus propiedades benéficas, tanto químicas como simbólicas puesto



Figura 1: *Abuta grandifolia* (palo de tortuga).

Por Omar Vacas Cruz

que las plantas tienen su propio espíritu que participan en la sanación.

Datos estadísticos nacionales y locales de las plantas medicinales

Según el proyecto denominado “Investigaciones innovadoras sobre plantas medicinales en el Ecuador” proyecto Senescyt PIC-12-INIAP-002, realizado entre 2013-2015 por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) se registraron 2910 especies con uso medicinal para Ecuador, correspondientes a 2747 especies de Angiospermas, 154 especies de Pteridophytas y 9 especies de Gimnospermas.

Las familias botánicas más representativas de acuerdo al número de especies con uso medicinal son: Asteraceae (178 spp.), Fabacea (157 spp.), Rubiaceae (128 spp.), Solanaceae (128 spp.), Araceae (112 spp.) y Piperaceae (107 spp.).

De las siete provincias que registran más de mil especies con usos medicinales, la mayoría pertenecen a la región Amazónica: Napo (1659), Pichincha (1496), Sucumbíos (1144), Orellana (1096), Pastaza (1075), Morona-Santiago (1063) y Esmeraldas (1039).

Por otro lado, y de acuerdo a De la Torre *et al.*, (2008), 3118 son usadas con fines medicinales, pero el proyecto (INIAP-UTPL) determinó que 232 especies de estas presentaban datos insuficientes; por lo tanto, el 56% de las especies reportadas en el Ecuador tienen usos medicinales.

Finalmente, varios estudios realizados por Jenny Iglesias (1985 y 1986), enlistan alrededor de 178 plantas medicinales y sus usos et-

nomédicos por los Kichwa de las riberas del río Napo. Incluye descripción botánica, preparaciones y sus precauciones particulares. Desafortunadamente, más del 75 % de estas plantas no tienen información sobre propiedades químicas, farmacológicas y toxicológicas, el 15 % cuenta con tamizaje fitoquímico básico y solo el 10 % con pruebas y ensayos específicos como la identificación de metabolitos secundarios de interés realizados a través de pruebas cromatografías como son: columna y HPLC y espectrometría de masas, *screening in vitro*, entre otras técnicas; entre estas especies tenemos *Virola duckei* (sangre de gallina): antibacteriana, *Croton lechleri* (sangre de drago): tiene actividad gastroprotectora (Figs. 2 y 3) e *Iryanthera paraensis* (irantera): abscesos de piel y para tratar sarampión.



Figura 2: *Virola duckei* (sangre de gallina).



Figura 3. *Croton lechleri* (sangre de drago).

Desafíos en el marco normativo vigente de la medicina tradicional y las plantas medicinales

En Ecuador, la práctica médica tradicional se mantiene vigente; por ello, el uso medicinal de las plantas está ampliamente difundido en el país. Se estima que alrededor del 70 % de la población hace uso de ellas para la atención primaria de salud, debido fundamentalmente a que tanto el indígena, campesino y los marginados urbanos, encuentran limitaciones en el acceso a la medicina biomédica u occidental, tanto por una resistencia a su cultura como a los costos económicos.

El nuevo texto constitucional (2008) del Ecuador reconoce a la medicina tradicional “*Mantener, proteger y desarrollar... sus medicinas y prácticas de medicina tradicional, con inclusión del derecho a*

recuperar, promover y proteger los lugares rituales y sagrados, así como plantas, animales, minerales y ecosistemas dentro de sus territorios; y el conocimiento de los recursos y propiedades de la fauna y la flora.” (Capítulo cuarto, Derechos de las comunidades, pueblos y nacionalidades, Artículo 57, numeral 12).

Entre otros artículos relacionados sobre la medicina tradicional y sus prácticas tenemos a los siguientes:

Artículo 360.- “*El sistema garantizará, a través de las instituciones que lo conforman, la promoción de la salud, prevención y atención integral, familiar y comunitaria, con base en la atención primaria de salud; articulará los diferentes niveles de atención; y promoverá la complementariedad*

con las medicinas ancestrales y alternativas.”

Artículo 361.- “El Estado ejercerá la rectoría del sistema a través de la autoridad sanitaria nacional, será responsable de formular la política nacional de salud, y normará, regulará y controlará todas las actividades relacionadas con la salud, así como el funcionamiento de las entidades del sector.”

Artículo 362.- “La atención de salud como servicio público se prestará a través de las entidades estatales, privadas, autónomas, comunitarias y aquellas que ejerzan las medicinas ancestrales alternativas y complementarias”.

Una de las políticas de Estado para la articulación de la medicina tradicional en el sistema de salud pública es el de los saberes y prácticas de las parteras ancestrales en el sistema nacional de salud; en las zonas marginadas urbanas y rurales, las parteras han contribuido con sus conocimientos ancestrales, ligados a las plantas medicinales. Un caso importante que hay que mencionar es el de las “Parteras Kichwa de Archidona” que mantienen vigente sus saberes y prácticas hasta el día de hoy. Las plantas que más se utilizan en este menester son las siguientes: *Bixa orellana* (achiote colorado) en labores de parto (Fig. 4) y *Drymonia coccinea* (chukchu waska) en producción de leche luego del parto.



Figura 4: *Bixa orellana* (achiote colorado).

Finalmente, en 2014 se promulgó, en el Registro Oficial n.º 308 del 11 de agosto de 2014, el Reglamento Sustitutivo 4918 para la obtención del registro sanitario y control de productos naturales procesados de uso medicinal y de los establecimientos donde se fabrican, almacenan, distribuyen y comercializan.

Algunas plantas medicinales de los Kichwa del Napo y sus usos ancestrales

El saber médico tradicional en la sociedad de los Kichwa del Napo constituye un sistema coherente de nociones, conceptos, reglas, modelos y rituales tendientes a conservar la salud. Conocimientos que son transmitidos oralmente de generación en generación y compartidos en mayor o menor grado por todos los miembros de la familia, pero sobre todo por los ancianos, chamanes y curanderos.

Es común a todos los sistemas médicos la noción de equilibrio en las condiciones de vida para que no se produzca una enfermedad, de allí que el tipo de adversidades que pueden provocar un desbalance sea explicado por los Kichwa del Napo en términos de su causa, ya sea naturalística de excesiva exposición a los elementos del medio o personalística provocada por seres míticos o por la intervención de un “sagra” o brujo. En ambos casos el diagnóstico y tratamiento es efectuado solamente por especialistas como son los yachac (chamán) y maquiyuc (curandero).

De acuerdo Vacas *et al.*, 2015, existen 80 especies de plantas medicinales utilizadas por el Napo Runa, que tratan 69 condiciones; es decir, la dolencia, malestar, enfermedad o la condición misma que se desea tratar, curar o la que se beneficiará

el cuerpo humano con la utilización de las plantas medicinales, en algunos casos una misma especie puede tratar más de una condición; por ejemplo, *Brownea grandiceps* (caña de trueno): anticonceptivo, cicatrizante y antihemorrágico (Fig. 5), *Grias neuberthii* (pitón): analgésico y antipalúdica (Fig. 6), entre otras.



Figura 5: *Brownea grandiceps* (caña de trueno).



Figura 6: *Grias neuberthii* (pitón).

Finalmente, podemos destacar el uso de dos especies para tratar el cáncer y tumores: *Uncaria tomentosa* (uña de gato) y *Leonia crassa* (hoja para tumores) (Figs. 7 y 8). Las investigaciones de los principios activos de las diferentes especies medicinales constituyen un reto en el ámbito del bioconocimiento considerando que dentro de cada uno de los elementos de la biodiversidad ecuatoriana existen todavía características y capacidades aún no descubiertas.

Por Omar Vacas Cruz

Por Omar Vacas Cruz



Figura 7: *Uncaria tomentosa* (uña de gato).



Figura 8: *Leonia crassa* (hoja para tumores).

A continuación se detallan 24 plantas utilizadas por la medicina alternativa de las comunidades más recurrentes de los Kichwa del Napo:

CONDICIÓN	ESPECIES (NOMBRE CIENTÍFICO / NOMBRE COMÚN)
Abscesos de la piel	<i>Iryanthera paraensis</i> (irantera).
Analgésico	<i>Grias neuberthii</i> (pitón).
Anticonceptivo	<i>Brownea grandiceps</i> (caña de trueno), <i>Browneopsis ucayalina</i> (árbol de cóndor).
Cáncer	<i>Naucleopsis ulei</i> (gualis), <i>Viola duckei</i> (sangre de gallina), <i>Minquartia guianensis</i> (palo de barbasco), <i>Pourouma bicolor</i> (uva de monte), <i>Uncaria tomentosa</i> (uña de gato).
Cicatrizante	<i>Brownea grandiceps</i> (caña de trueno).
Diabetes	<i>Uncaria tomentosa</i> (uña de gato).
Diarrea	<i>Spondias mombin</i> (ciruelo de mono), <i>Browneopsis ucayalina</i> (árbol de cóndor).
Dolor de estómago	<i>Tabernaemontana sanano</i> (balsa de perro).
Dolor de muelas	<i>Cyathea lasiosora</i> (helecho arbóreo), <i>Prunus debilis</i> (duraznillo).
Dolor del parto	<i>Ochroma pyramidale</i> (boya balsa).
Epilepsia	<i>Bixa Orellana</i> (achiote colorado).
Fiebre	<i>Chamaedorea pinnatifrons</i> (chontilla blanca), <i>Memora cladotricha</i> (palo de fantasma), <i>Clavija weberbaueri</i> (grano de chichico), <i>Urera baccifera</i> (ortiga brava).
Gangrena	<i>Cordia nodosa</i> (palo de araña).
Gastritis y úlceras	<i>Uncaria tomentosa</i> (uña de gato).
Hemorragias	<i>Brownea grandiceps</i> (caña de trueno), <i>Browneopsis ucayalina</i> (árbol de condor), <i>Urera baccifera</i> (ortiga brava).
Inflamaciones	<i>Piper peltatum</i> (Santa María).
Mordedura de serpientes	<i>Cordia nodosa</i> (palo de araña), <i>Abuta grandifolia</i> (palo de tortuga), <i>Clavija weberbaueri</i> (grano de chichico), <i>Duroia hirsuta</i> (achiote de venado).
Paludismo	<i>Grias neuberthii</i> (pitón).
Presión alta	<i>Abuta grandifolia</i> (palo de tortuga).
Reumatismo	<i>Bixa Orellana</i> (achiote colorado), <i>Capparis sola</i> (palo negro).
Sarampión	<i>Iryanthera paraensis</i> (irantera).
Tuberculosis	<i>Minquartia guianensis</i> (palo de barbasco).
Tumores	<i>Leonia crassa</i> (hoja para tumores).

Aplicaciones, retos y perspectivas de la investigación fitoquímica en el Ecuador

En la actualidad, en todo el planeta existe un renovado interés por las plantas medicinales y el rescate de sus usos, debido al crecimiento de la medicina alternativa y de la medicina tradicional, a un estilo de vida que privilegia lo ecológico y los usos ancestrales de las plantas en general. Así, según la Organización Mundial de la Salud (OMC), cerca del 28 % de las especies vegetales tienen una aplicación médica y el 80 % de la población mundial depende de los medicamentos elaborados con sustancias naturales. Una buena parte de estas plantas medicinales proviene de los países denominados megadiversos, como Ecuador.

Cabe destacar que en nuestro país, el Plan Nacional del Buen Vivir 2013–2017 menciona que en el marco de la estrategia de acumulación, distribución y redistribución, el desarrollo de las fuerzas productivas se centra en la formación de talento humano y en la generación de conocimiento, innovación, nuevas tecnologías, buenas prácticas y nuevas herramientas de producción, con énfasis en el bioconocimiento y en su aplicación a la producción de bienes y servicios ecológicamente sustentables.

Por esta razón, el 21 de diciembre del 2009, mediante Decreto Ejecutivo n.º 181, se creó la Empresa Pública de Fármacos (Enfarma), siendo uno de sus objetivos la construcción de una planta para la elaboración de medicamentos en el país. Según el cronograma de Enfarma, se tiene destinado un presupuesto de USD 28,7 millones para arrancar con la primera fase del complejo farmacéutico, que se edificará en la Ciudad del Conocimiento Yachay. Esta etapa inicial se tiene previsto

Cabe destacar que en nuestro país, el Plan Nacional del Buen Vivir 2013–2017 menciona que en el marco de la estrategia de acumulación, distribución y redistribución, el desarrollo de las fuerzas productivas se centra en la formación de talento humano y en la generación de conocimiento, innovación, nuevas tecnologías, buenas prácticas y nuevas herramientas de producción, con énfasis en el bioconocimiento y en su aplicación a la producción de bienes y servicios ecológicamente sustentables.

que inicie operaciones en el tercer trimestre de 2016.

Parte del bioconocimiento está en la investigación en el Ecuador de los metabolitos secundarios de las plantas utilizadas por los Kichwa del Napo y de otras nacionalidades y pueblos, para su posterior síntesis en laboratorio para beneficio de la sociedad en general, ya que teniendo la acción farmacológica sobre

determinadas dolencias o enfermedades se podrá mitigar los efectos o resolver su curación, promoviendo de esta manera el buen vivir, en armonía con la conservación de los ecosistemas, las plantas medicinales y la biodiversidad.

Agradecimientos

La presente investigación fue realizada en la provincia de Napo entre 2010 y 2015. Mi agradecimiento sincero a las comunidades indígenas que aportaron con sus conocimientos ancestrales del uso de las plantas medicinales, contribuyendo a una guía eficaz en la investigación básica y aplicada de las sustancias bioactivas.

Literatura consultada

- Brito, B. 2012. *Investigaciones Innovadoras sobre plantas medicinales en el Ecuador*. Proyecto Senescyt PIC-12-INIAP-002. Quito.
- Chiriboga, X. 2010. *Validación de plantas medicinales del Ecuador*, pp. 189-196 en: Naranjo, P (ed). 2010. *Etnomedicina y etnobotánica avances en la investigación*. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, Ediciones Abya-Yala. Quito.
- Hermida, P.A. 2010. *Chamanismo y Etnoturismo: La venta de rituales de ayahuasca y la compra de sentidos en el alto Napo*. Quito.
- Iglesias, G. 1989. *Sacha Jambí: El uso de las plantas en la medicina tradicional de los Quichuas del Napo*, Ediciones Abya-Yala. Quito.
- Vacas, C.O., J. Lee, C. Lee, H.J. Kim, S. Villota, A. Narváez-Trujillo & H. Navarrete. 2015. *Some medicinal plants of the Ecuadorian flower*. Pontificia Universidad de Católica del Ecuador, Quito.
- Villacrés, V (coord.). 1995. *Bioactividad de plantas amazónicas*. Organización de Estados Americanos, Universidad Central del Ecuador, Ediciones Abya-Yala. Quito. ☀

Huevos y eclosiones: el mundo oculto de los saurios



Por Fernando Ayala-Varela

Especie nueva de *Anolis*
del Carchi incubado en musgo.

■ Por Lic. Fernando Ayala-Varela y Lic. Sebastián Valverde
Museo de Herpetología
fpayala2000@gmail.com; lycus_87@hotmail.es

La gran interrogante

En la mayoría de los animales, el sexo de un individuo es determinado al momento de la fertilización; en efecto, cuando el huevo y el esperma se fusionan establecen si el animal será macho o hembra. En cambio, en muchos grupos de reptiles la determinación del sexo se establece más tarde, durante la incubación, y el factor externo que lo determina es la temperatura de incubación de los huevos. Por esto, en los reptiles el ambiente juega un rol crucial en determinar la proporción del sexo que surge de una puesta de huevos, pues estos animales pueden ser muy susceptibles

a alteraciones causadas por la temperatura, por ejemplo, el cambio climático.

En la actualidad, existen muchos estudios fisiológicos sobre qué pasará con las poblaciones de ciertas especies de anfibios y reptiles cuando la temperatura alcance límites no óptimos para el desempeño normal de sus actividades diarias como alimentarse o reproducirse. Desgraciadamente, existen pocos estudios que investiguen acerca de qué pasará con los huevos, y, en especial, como puede afectar a las nuevas generaciones. Precisamente, esta interrogante se ha constituido en el principal motivo de nuestra investigación; por esto, en las líneas que siguen pretendemos ofrecer una línea base de esta investigación.

¿Qué sabemos sobre los huevos de lagartijas en el Ecuador?

Cuando nos pusimos a indagar, nos dimos cuenta que no tenemos información de lo más básico, como es los tiempos de incubación, pues no hay nada publicado, a pesar de que hay mucha información desperdiciada en los museos de historia natural. Justamente, las colecciones se caracterizan por poseer huevos encontrados en el campo o puestos por una hembra colectada y que son fijados y preservados inmediatamente en formol al 10%. Es decir, la única información que podemos sacar de ahí son las épocas de puestas, formas y tamaños de huevos. En cambio, quedan muchas preguntas por contestar, por ejemplo: ¿qué pasa con el desarrollo

embrionario? (Fig. 1), ¿qué pasa con las condiciones idóneas para una incubación exitosa?, ¿qué pasa con los factores determinantes del sexo de una puesta?, ¿cuál es la tasa de supervivencia de los juveniles?, etc., etc. Estas preguntas no se las puede contestar porque hay mucha información que no está siendo optimizada, como ocurre en otras partes del mundo que ya tienen protocolos de reproducción e incubación de ciertas especies, incluyendo especies ecuatorianas como *Tupinambis teguixin*.

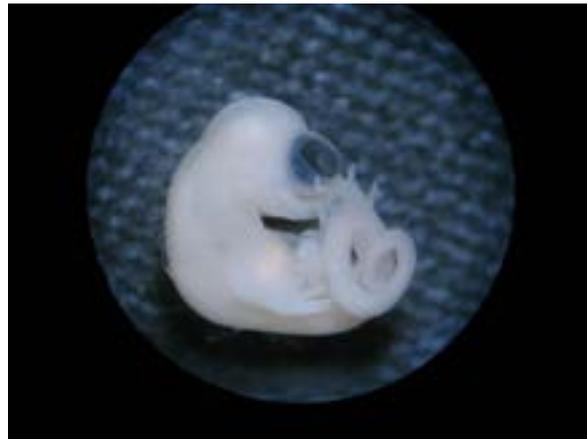
Frente a esto, en el 2012, se decidió incubar los huevos que llegaran al Museo de Herpetología QCAZ, ya sea provenientes de recolectas en el campo o de muchas hembras que por estrés al ser transportadas pusieron huevos en las fundas o tarrinas.

Compartiendo experiencias del proyectos de cría en cautiverio

En Ecuador, no existe la cultura de mantener reptiles en cautiverio como mascotas, como se observa en países europeos o en Estados Unidos. Y aunque es una actividad no tan recomendable, debido a la transmisión de enfermedades y colonización de especies que pueden desplazar a las autóctonas; en cambio, todo apunta que estos proyectos de cría en cautiverio para repoblar constituiría la única alternativa en el futuro para salvar a ciertas especies del calentamiento global. Por esto, compartimos con ustedes, amables lectores, la poca o mucha experiencia que hemos adquirido en esta fascinante tarea de cría en cautiverio.

Un largo proceso... la incubación

Cuando llegamos al gran momento de la incubación, es porque



Por Fernando Ayala-Varela

Figura 1. Desarrollo embrionario desconocido para *Anolis proboscis*.

hemos encontrado un huevo en la naturaleza o hemos llevado con mayor o menor acierto el mantenimiento de nuestras lagartijas. Solemos respirar profundo cuando vemos que la hembra ha realizado la puesta y su salud no corre peligro, pero todavía nos queda un largo camino por recorrer, que no está exento de complicaciones. Si hemos alimentado correctamente a los progenitores y les hemos proporcionado vitaminas y minerales en la manera y proporción correcta, es muy posible que los huevos se encuentren fecundados y calcificados correctamente y que los embriones se desarrollen con normalidad. Por otro lado, es muy emocionante cuando encontramos huevos en la naturaleza, pues la hembra por lo general los oculta muy bien en el suelo, hojarasca, corteza, arena de ríos, etc., dependiendo de la especie. Pero lo primero que debemos hacer en ese caso es marcar con una "X" la parte superior del huevo antes de proceder a moverlo para evitar que el embrión se desprenda y muera.

El siguiente paso es incubar los huevos y para ello necesitamos una incubadora. Podemos encontrar incubadoras para reptiles en algunos comercios especializados en Estados Unidos pero normalmente a precios elevados. Si se piensa adquirir una

incubadora, se debe tener presente que cumpla con las necesidades de temperatura/humedad que necesitan los huevos, ya que puede variar considerablemente de unas especies a otras. Ciertas especies necesitan caídas de temperatura nocturna y muchas incubadoras no poseen esta posibilidad. Una alternativa es construir una como se lo hizo en nuestro laboratorio (Fig. 2).

Es bastante útil un termómetro digital con sonda para comprobar minuciosamente la temperatura a la que se encuentra la puesta, ya que puede haber diferencias importantes entre la temperatura que marca el termostato y la temperatura a la



Por Fernando Ayala-Varela

Figura 2. Incubadora construida en el laboratorio.

que se encuentra el sustrato en el que hemos depositado los huevos.

Como sustrato se viene empleando desde hace tiempo la perlita (Fig. 3) y vermiculita (Fig. 4), aunque en análisis recientes se ha encontrado asbesto en la composición de la vermiculita. Es por esto que parece ser más apropiado la perlita expandida, que está clasificada como inerte químicamente y posee un pH de 7.



Por Fernando Ayala-Varela

Figura 3. Sustrato para incubar llamado perlita.



Por Fernando Ayala-Varela

Figura 4. Sustrato para incubar llamado vermiculita.

Lo más importante es la humedad correcta para los huevos. En la mayoría de los casos se sitúa en un rango de 85-95%. Para controlar la humedad, se hace imprescindible un higrómetro digital que se coloca dentro del recipiente que contiene la puesta.

Cuando la humedad está por debajo de los parámetros requeridos, los huevos empiezan a deshidratarse. Por esto debemos monitorear la puesta periódicamente, porque solo así podremos corregir la humedad a tiempo pulverizando o añadiendo

agua. Los huevos deshidratados se deforman y arrugan.

Un exceso de humedad es mucho más difícil de corregir, y muchas veces termina con la puesta ya que cuando lo descubrimos es demasiado tarde. Una humedad excesiva puede producir la aparición de hongos y bacterias y la destrucción del huevo.

La luz puede ayudar en la aparición de hongos, así que siempre es recomendable que la puesta se encuentre a oscuras.

Los huevos deben ser manipulados lo menos posible. No se posee mucha información, pero parece que los huevos pueden estar recubiertos de algún tipo de bactericida cuando salen del oviducto de la madre, que proporciona una protección natural contra la aparición de bacterias.

Como hemos mencionado antes, está científicamente demostrado que la temperatura de incubación influye directamente en el sexo de la progenie de muchos reptiles. Las dos primeras semanas son decisivas a la hora del reparto de los cromosomas.

Muchas especies requieren una disminución nocturna de la temperatura. Para ello son muy útiles los termostatos digitales programables a diferentes temperaturas en diferentes franjas horarias.

Un proceso expectante... la eclosión

Si todo ha ido bien, transcurrido el periodo de incubación se producirá la eclosión, periodo en el que no se debe intervenir (Fig. 5). Muchas veces por impaciencia o desconocimiento, los aficionados intentan ayudar a los recién nacidos a salir o despegarse del huevo, lo cual puede ocasionar daños e incluso la muerte del neonato.

Puede transcurrir mucho tiempo entre la eclosión del primer y último huevo, incluso meses en el caso de geocos. Esto puede deberse a que algunos huevos han sido incubados a menor temperatura que el resto, ya que debido a múltiples factores puede que la distribución del calor en la incubadora no se produzca de manera homogénea, y esto provoca diferencias considerables en el tiempo de incubación.

Datos interesantes que arrojó este proyecto

Durante el actual estudio se obtuvieron datos muy sugestivos que deseamos compartir con ustedes y que les puede servir de referencia para futuras investigaciones:

En primer lugar el tamaño, peso, forma y color del huevo han sido documentados para establecer diferencias entre especies y para determinar la salud del huevo (Fig. 6). Así vemos que el cascarón de los huevos de *Gonatodes candiscutatus* es duro, casi como un huevo de gallina; mientras que el huevo de un *Anolis proboscis* (Fig. 7) es muy elástico, lográndose expandir casi 3 veces del tamaño original. Algunos huevos como los de *PtychoGLOSSUS brevifrontalis* se vuelven translúcidos. Algunos recién nacidos salen de sus huevos explosivamente mientras que otros muy lento, y en otros casos parece que un simple movimiento o el incremento repentino en la humedad (por



Por Fernando Ayala-Varela

Figura 5. Eclosión de *Stenocercus angulifer*.



Anolis proboscis "Hepu".



Ptychoglossus brevifrontalis



Pholidobolus affinis.



Anolis chloris.

Figura 6. Tamaño y forma de huevos de distintas especies de lagartijas.

ejemplo la lluvia) puede gatillar la eclosión.

En segundo lugar, hasta el momento hemos obtenido datos de incubación para trece especies de lagartijas (Tabla 1). Entre las que

cabe destacar a *Pholidobolus affinis* (Fig. 8) con el tiempo de incubación más largo (196 días), versus *Anolis lyra* (Fig. 9) el más corto (56 días). Es importante resaltar que tenemos tiempos de otras especies,



Figura 7. Recién eclosionado de *Anolis proboscis* "Hepu".



Figura 8. Recién eclosionados de *Pholidobolus affinis*.



Figura 9. Recién eclosionado de *Anolis lyra*.

Tabla 1. Resultados de incubación de saurios ecuatorianos. (*) Huevos encontrados en el campo.

Especie	Tamaño de Puesta	Tiempo incubación (días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
<i>Cercosaura argula</i> (Gymnophthalmidae)	2	73	20-23	70-87
<i>Pholidobolus affinis</i> (Gymnophthalmidae)	2	196	19	60-70
<i>Pholidobolus montium</i> (Gymnophthalmidae)	2	149	23-26	80-90
<i>Ptychoglossus brevifrontalis</i> (Gymnophthalmidae)	2	90	20-23	85
<i>Stenocercus angulifer</i> (Iguanidae: Tropidurinae)	2	84-85*	20	86
<i>Stenocercus guentheri</i> (Iguanidae: Tropidurinae)	2	123*	24	80
<i>Anolis chloris</i> (Iguanidae: Dactyloinae)	1	82	20-24	85
<i>Anolis fuscoauratus</i> (Iguanidae: Dactyloinae)	1	65-79	20-24	85
<i>Anolis lyra</i> (Iguanidae: Dactyloinae)	1	56	23	90
<i>Anolis aff orcesi</i> (Iguanidae: Dactyloinae)	1	83	20-24	85
<i>Anolis proboscis</i> (Iguanidae: Dactyloinae)	1	165	17-28	80-90
<i>Anolis sp. nov.</i> (Iguanidae: Dactyloinae)	1	111	19	85
<i>Gonatodes caudiscutatus</i> (Sphaerodactylidae)	4	41*	20	85

cuyos huevos fueron colectados en el campo y por ende no tenemos el tiempo exacto de puesta. A primera vista, se observa una relación del tiempo de incubación y gradiente altitudinal. Especies tropicales tienen tiempos cortos (ejemplo, *Anolis fuscoauratus*, *A. lyra*, etc. Fig. 10), mientras que especies de zonas templadas tienen tiempos más largos (ejemplo, *Anolis proboscis*, *Pholidobolus affinis*, etc), lo cual demuestra a gran escala que la temperatura es un factor influyente en el tiempo de incubación.

Y en tercer lugar, hemos documentado el peso y tamaño de los recién nacidos, los cuales muestran una variación ontogenética en su coloración, que poco es reportado (Figs. 11, 12, 13, 14).

Por María José Quiroz



Figura 10. Recién eclosionado de *Anolis fuscoauratus*.

Por Fernando Ayala-Varela



Figura 11. Recién eclosionado de *Anolis chloris*.

Por Fernando Ayala-Varela



Figura 12. Recién eclosionados de *Stenocercus guentheri*.



Figura 13. Recién eclosionados de *Cercosaura argula*.



Figura 14. Recién eclosionados de *Stenocercus angulifer*.

Continuamos en la faena

Este proyecto recién inicia. Nos sentimos satisfechos pero no conformes porque nos espera mucho que descubrir del mundo oculto de los saurios y, no se diga, de las serpientes. Buscar la sobrevivencia de las especies, llámense como se llamen, siempre será una tarea ardua y esperanzadora. Ardua porque implica un trabajo serio, responsable, honesto; conlleva a que todos los investigadores de distintas ramas trabajemos mancomunadamente en proyectos de desarrollo embrionario. Esperanzador porque cada vez que vemos cómo empieza una vida nos sentimos realizados porque constatamos que hemos aportado con nuestro espacio, tiempo y esfuerzo a que la luz siga alumbrando nuestra existencia.

Agradecimientos

Nuestro especial agradecimiento a Andrés Merino, Freddy Almeida, Cristina Toapanta, Nick Jones, Arturo Wasti, Flor Rosero, Andrea

Narváz, Gabriela Maldonado, Viviana Jaramillo, Belén Arteaga, María José Quiroz, Anaïd Paladines, Katherine Hinojosa, Jhael Ortega y todos los voluntarios que nos apoyaron con el equipo para la incubadora, espacio en las instalaciones de la Balsa de los Sapos, contribuyendo con huevos, cuidando a los bebés, pero sobre todo monitoreando el proceso de incubación.

Literatura consultada

- Amiel, J. & R. Shine. 2012. Hotter nests produce smarter young lizards. *Biology letters*. Doi:10.1098/rsbl.2011.1161.
- Hoek, M.L. 2014. Antimicrobial Peptides in Reptiles. *Pharmaceuticals (Basel)* 7(6): 723-753. doi: 10.3390/ph7060723.
- Huey, R.B. & F.J. Janzen. 2008. Climate warming and environmental sex determination in tuatara: the Last of the Sphenodontians?. *Proc Biol Sci*. 275(1648): 2181-2183.
- Yanosky A.A. & C. Mercolli. 1995. Incubación artificial de huevos de iguana ovejuna (*Tupinambis teguixin*) (Sauria: Teiidae). *Arch. Zootec.* 44: 379-389. 🌞

Por Fernando Ayala-Varela

Por Fernando Ayala-Varela

Insectos del Yasuní

■ Por Esteban Baus



Un, dos, tres vamos adelante sin desmayar, parecen decir estas hormiguitas del Yasuní. *Atta* sp. hormigas cortadoras de hojas.



¡Ah, caramba, no creí que llegar a la cima era un trabajo agotador! Escarabajo tortuguita, familia Chrysomelidae. 🌻

Mercedes Rodríguez Riglos: una profesora y autoridad paciente y comprometida con la Escuela de Ciencias Biológicas

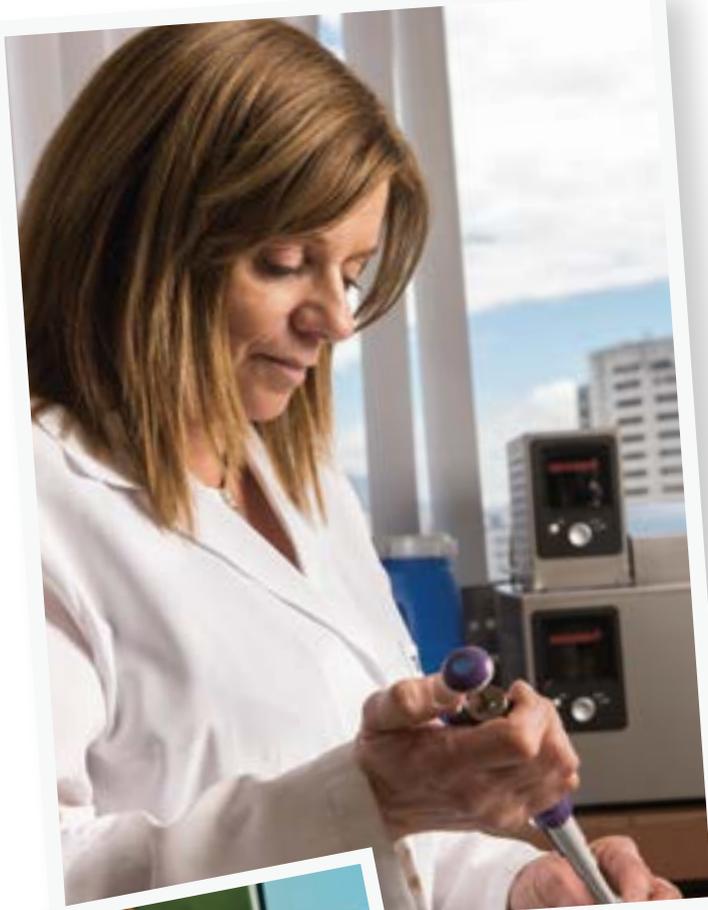
■ Por Dr. Alberto B. Rengifo A.
Profesor de la FCEN
arengifo@puce.edu.ec

El tiempo inexorablemente no se detiene, avanza sin prisas pero sin pausas. Y a lo largo de su trayecto nos va entregando oportunidades de conocer a personas

que por su carácter, por su manera de ser, constituyen oasis que una vez que refrescan el alma, impulsan a seguir bregando con fe, con esperanza y alegría en pos de un mundo equitativo y solidario.

Sin duda, una de esas personas que irradian tranquilidad y positivismo es Mercedes Rodríguez Riglos. La conocí hace algún tiempo, cuando ella era (es) una de las profesoras de la materia de Biología, y todavía no desempeñaba su función de Directora de la Escuela de Ciencias Biológicas. Por esas épocas, como en las del presente, éramos (somos) personas que participábamos en todas las actividades extras que proponía la Escuela: cantata, pase del Niño, exposiciones, presentación de libros, actividades culturales y sociales; es decir, nos involucrábamos con el devenir histórico y académico de nuestra Escuela y de nuestra PUCE.

Era hora ya de que Mercedes engalane la sección Gente que hace historia de Nuestra Ciencia porque, en realidad, su trabajo silencioso pero fecundo, su palabra tranquila pero motivadora ha sido uno de los factores claves para que la Escuela de Ciencias Biológicas constituya un estamento importante dentro de nuestra querida PUCE.



Por esto, con grabadora en mano y aguzados los sentidos, me encamino a la oficina de Mercedes. Ella me recibe, como siempre, con amabilidad y con una sonrisa, que ilumina su rostro de finas facciones, me invita a tomar asiento y me dice con toda naturalidad: —Gracias por el honor que me haces. Y añade: —Tú dirás. Esas dos últimas palabras crean un ambiente de confianza. Entonces, fijo la mirada en sus ojos ligeramente glaucos que encierran una infinita dulzura y paz y comienzo a desgranar una serie de preguntas, cuyas respuestas, espero de todo corazón, nos permitan aquilatar la valía de esta simpática bonaerense (Pues Mercedes nació y vivió un buen tiempo en Buenos Aires, Argentina) que un día vino al Ecuador para quedarse en él y amar-lo profundamente.

¿Cuál fue el recuerdo más feliz de tu infancia?

Mis viajes en grandes barcos al sur de la Argentina (mi papá trabajaba en una empresa petrolera que hacía periódicos viajes a la Patagonia). Los barcos tenían instalaciones de lujo para un reducido número de pasajeros, y yo disfrutaba enormemente de esas travesías de siete días, recorriendo el océano Atlántico hasta la punta del continente. Era una niña muy curiosa y no hubo un solo recoveco del barco al que no hubiese investigado y conocido. Los fuertes vientos y los tremendos oleajes no fueron impedimento para gozar cada segundo de mi corta vida. Estaba orgullosa de ser, como decía mi padre: “un viejo lobo de mar”.

¿Por qué escogiste ser Bióloga y estudiar en la PUCE

Desde chiquita supe que quería ser bióloga, y ya había iniciado mis estudios universitarios en Buenos Aires. Al llegar a Ecuador indagué y no tuve dudas que la PUCE era la mejor opción para estudiar esta carrera en el Ecuador. No me equivoqué.

¿Encuentras diferencias entre ser profesora y ser maestra?

Probablemente el término está un poco desacreditado ahora, pero yo diría que ser maestro es un concepto más profundo que el ser profesor. Creo que el maestro no es solamente un transmisor de conocimientos sino y, por sobre todo, un formador.

¿Eres feliz siendo maestra?

Lo soy. Al principio pensaba que dar clases no era lo mío, pero empecé a disfrutarlo y ahora me encanta. Es increíble todo lo que uno puede aprender de sus alumnos.

¿Cuál ha sido tu mayor satisfacción como Directora de la Escuela?

Poder cumplir, aunque sea en parte, con las expectativas de quienes confiaron en mí para esta tarea. También haber podido contar con la ayuda y el apoyo de tantas personas que definitivamente hicieron posible el éxito de muchos proyectos, me refiero a colegas, personal administrativo y estudiantes que colaboraron incondicionalmente para que pudieran lograrse las metas esperadas.

¿Por qué crees que tus alumnos te quieren?

Probablemente porque los respeto, trato de ayudarles en todo y de transmitirles no solo conocimiento; pues, a este lo pueden encontrar en todas partes. Pero la pasión por lo que uno hace

Probablemente porque los respeto, trato de ayudarles en todo y de transmitirles no solo conocimiento; pues, a este lo pueden encontrar en todas partes.

y la honestidad con que se lo haga es lo que trato de dejarles. Saber que mis alumnos me quieren me hace muy feliz.

¿Qué ha significado y significa la PUCE para ti?

¿Qué puedo decirte? He pasado tanto tiempo de mi vida en ella, primero como estudiante, después como docente y en tareas administrativas en la Dirección de la Escuela. Definitivamente, ocupa un espacio muy grande en mi corazón

¿Qué mensaje darías a los estudiantes de Ciencias Biológicas?

Que hagan todo lo que deban hacer con pasión y rectitud. Es lo más importante. Les hará sentir felices.

La entrevista termina. Han sido minutos de recuerdos gratos, de vivencias compartidas, de experiencias aquilataadas. Quizá hay un atisbo de tristeza en su rostro cuando me dice que ya no será Directora de la Escuela (estuvo diez años en esta delicada función); pero enseguida sus ojos resplandecen cuando piensa que tendrá más tiempo, mucho más tiempo, para preparar sus clases, para atender con prontitud y esmero a los estudiantes, para hacer investigación, para seguir siendo la maestra comprometida con su Escuela.

Seguramente, su marido, sus hijos, sus dos perros y todos sus grandes amigos, a quienes considera parte de su familia, estarán felices porque esta función (Directora) entre en receso, así podrán disfrutarla más. Pensarán que Mercedes, un poco aliviada al dejar de ser autoridad, podrá gozar más con la música que toca su esposo, el gran violinista Gerardo Cilveti, arte que no está tan alejado de la ciencia, como se podría pensar; pues, al fin y al cabo, el arte y la ciencia son las partituras en donde cada quien escribe las notas de sus emociones, sensaciones, dudas, silencios, “de sus vientos propicios, del río de la constancia y del fuego de la pasión”. 🌻

Planificación en la conservación de murciélagos del Ecuador

■ Por Santiago F. Burneo
Laboratorio de Mastozoología
sburneo@puce.edu.ec

Durante el 2015 y buena parte del 2014, miembros del Programa para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador (PCME), muchos de ellos docentes, estudiantes y colaboradores de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), trabajamos arduamente en el desarrollo del Plan de Acción para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador, con el fin de aportar a la conservación de uno de los grupos de mamíferos más importantes y representativos del país. Este documento contó el apoyo del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) y el financiamiento de la PUCE, la fundación Ecofondo y la Fundación Rufford.

Como actividad inicial del proceso se realizó un Taller de Especialistas de Murciélagos, entre el 19 y 21 de febrero del 2015, en la Escuela de Ciencias Biológicas de la PUCE, con el fin de presentar objetivos, intercambiar experiencias y diseñar actividades para la elaboración del borrador del Plan de Acción. El taller fue coordinado por el PCME y contó con la participación de 27 especialistas entre investigadores, conservadores, educadores y personal del MAE. Además, se recibió el apoyo y participación de Luis F. Aguirre, Coordinador Saliante de la Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos y director del Programa para la Conservación de los Murciélagos de Bolivia, Víctor Romero, quiropterólogo venezolano y Chris



Participantes de izquierda a derecha:
Primera fila: Santiago F. Burneo, Alejandra Camacho, Ma. Dolores Proaño, Paula Iturralde, Viviana Narváez, Jaime Salas.
Segunda fila: Jaime Guerra, Yomaira López, Mónica Ortiz, Joy Collins, Diego Tirira, Santiago Espinosa.
Tercera Fila: Pablo Riera, Luis Aguirre, Leonardo Álava, Diego Naranjo.
Cuarta fila: Jorge Brito, Florencio Sucuzhañay, David Almeida, Alfonso Arguero.
Quinta fila: Chris Woodruff, Pablo Moreno, Andrés Narváez, Diego Morillo, Víctor Romero.

Woodruff de la oficina de asuntos internacionales de Bat Conservation International.

Como resultado del taller, luego de tres días de fructíferas discusiones, se sistematizó la información recabada en tres matrices: una matriz para especies de murciélagos bajo amenaza y con datos insuficientes, según los criterios de IUCN expuestos en el Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador (Tirira 2011); una matriz de ecosistemas amenazados donde habitan los murciélagos; y una matriz de funciones ecológicas que brindan los murciélagos que pudieran correr peligro. En cada matriz se delinearon objetivos y líneas de acción específicos para asegurar la protección y conservación de este grupo

de mamíferos, los ecosistemas que habitan o servicios ambientales que ofrecen.

Durante los meses siguientes se laboró en la edición de un documento de trabajo que, eventualmente, fue presentado al grupo de especialistas por medios electrónicos con el fin de recabar sugerencias, proponer cambios, correcciones y proporcionar información adicional, para la redacción del texto final.

El Plan de Acción fue presentado oficialmente el 17 de noviembre de 2015 en el Auditorio de la Escuela de Ciencias Biológicas de la PUCE. Además hubo lanzamientos simbólicos y presentación del documento durante en las XXXIX Jornadas Nacionales de Biología en la Universidad Técnica Particular de Loja y durante el III Congreso



Portada del *Plan de Acción para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador*. Obra editada por Santiago F. Burneo, Ma. Dolores Proaño y Diego G. Tirira.

Latinoamericano de Mastozoología en la Universidad Distrital en Bogotá, Colombia. En todos estos eventos se contó con una importante concurrencia de profesionales y estudiantes y se han recibido muy buenas críticas al trabajo realizado.

El documento reposa actualmente en las páginas de Internet del Programa para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador y de la Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos y puede ser descargado libremente. El Plan de Acción es el segundo documento nacional de este tipo en Latinoamérica y se ha constituido en un ejemplo por seguir para otros Programas para la Conservación de los Murciélagos en la región.

El Plan de Acción tiene su contraparte digital, en la página web del PCME, en donde se puede hacer un seguimiento dinámico de las actividades propuestas, su porcentaje de cumplimiento, los actores involucrados y los plazos que nos hemos fijado para lograr sus objetivos. En estos pocos meses tenemos ya avanzados ciertas actividades del

plan e, incluso, se han generado algunas nuevas, como proyectos dirigidos a regular las plantas eólicas en Galápagos de la mano de una reevaluación taxonómica de las especies presentes en las islas.

La conservación de murciélagos es un trabajo difícil ya que no son los más carismáticos de los animales. Conseguir apoyo para producir documentos como este es mucho más difícil que hacerlo para la preservar animales grandes y estimados por la gente como jaguares, osos, ballenas o águilas; para murciélagos se requiere mucha más creatividad, pero el trabajo realizado rindió sus frutos. La lista de instituciones y personas que nos apoyaron durante todo el proceso es amplia y variada, desde lo económico, logístico y administrativo hasta lo académico y de conservación propiamente dicho.

Pareciera que hubiéramos terminado un proceso, pero realmente no hemos hecho nada más que empezar. El esfuerzo de estos meses de todos quienes hemos apoyado esta obra ha culminado



Murciélago rostro de fantasma, *Mormoops megalophylla*, especie considerada Vulnerable y que habita en cuevas de los Andes al norte del país.

recién con poner la piedra angular. Las líneas de acción y actividades que se proponen en este primer documento nos están guiando en nuestros esfuerzos dirigidos a proponer áreas de importancia de conservación, campañas de educación ambiental a la sociedad, generación de protocolos y regulaciones, desarrollo de investigaciones y reuniones con autoridades de varios ámbitos de la administración ambiental y productiva encaminadas a la toma de decisiones correctas en beneficio del mantenimiento en el tiempo de las poblaciones de estos mamíferos.

Publicaciones

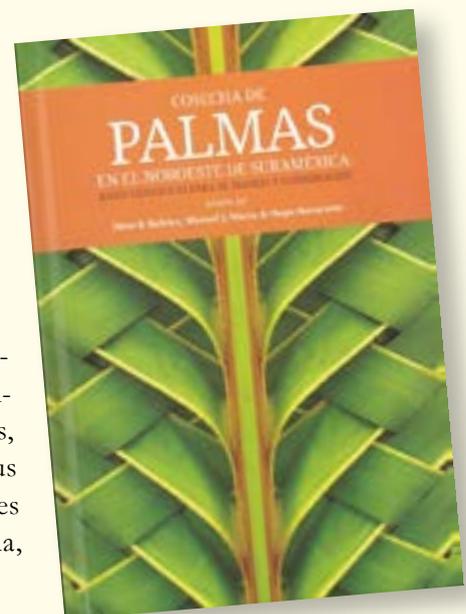
Cosecha de palmas en el noroeste de suramérica: bases científicas para su manejo y conservación

Editado por Henrik Balslev, Manuel J. Macía y Hugo Navarrete.

“Esta publicación —a la que han precedido otras parciales, fruto del proceso investigativo— pretende ser la última del proyecto internacional realizado por investigadores pertenecientes a diez ins-

tituciones de educación superior de Europa y del noroeste de América Latina. Entre ellas, la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE).

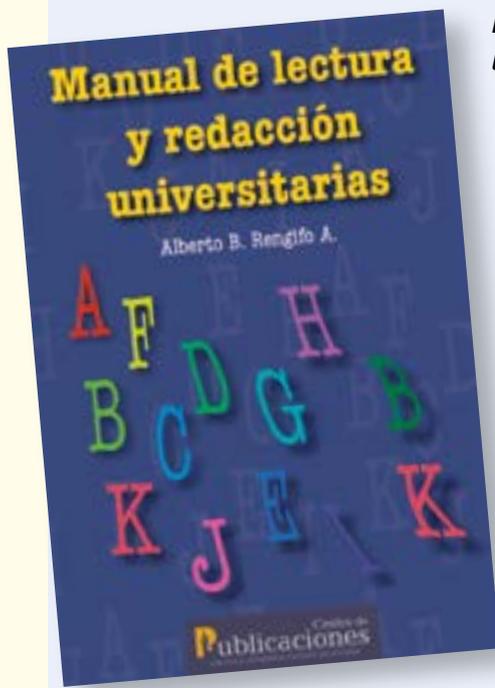
En esta investigación se estudió, documentó y analizó la diversidad de los usos de las palmas, y la importancia y el valor de sus productos para las comunidades locales del Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia. ...” (M. C.).



En este libro, los investigadores que participaron en cada uno de los grupos de trabajo de PALMS resumen sus conclusiones y hacen recomendaciones para todos los

interesados, desde los campesinos hasta los políticos tomadores de decisiones, en cuanto al manejo sostenible de las palmas. Los diferentes capítulos presentan los

principales resultados de los cinco años de ejecución del proyecto, y cada uno corresponde a un grupo de trabajo.



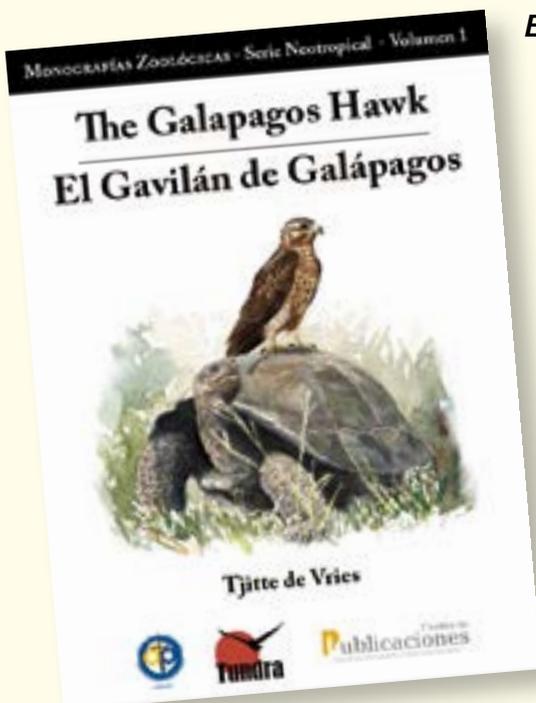
Manual de lectura y redacción universitarias

Por Alberto B. Rengifo A.

“La estructura del libro está pensada sobre todo desde el aprendizaje, desde las necesidades cognitivas del estudiante, antes que de las necesidades expositivas del maestro. En este libro, el profesor aparece como un consejero, como un acompañante que va de la mano del estudiante, paso a paso. La figura del alumno (de aquel que, literalmente, no ha sido iluminado aún, que carece de luz, que es como un pa-

ciente médico) ha sido reemplazada por la del sujeto proactivo, que es el agente primordial de su propio aprendizaje.

Cada capítulo está repleto de ejemplos, ejercicios y recomendaciones pertinentes desde el punto de vista conceptual, y motivadores desde el punto de vista emocional. Tampoco falta el sentido del humor, que nos recuerda que aprender no es un asunto solemne ni triste, sino lúdico y esencialmente alegre. El profesor Rengifo nos recuerda que saber leer y escribir bien también nos permite ser felices” (César Carrión).



The Galapagos Hawk / El Gavilán de Galápagos

Por Tjitte de Vries

Este es un libro que empieza su historia en 1965, cuando el entonces aspirante a doctor en ciencias Tjitte de Vries esogió como tema de su tesis doctoral el gavilán o busardo de Galápagos, cuyo nombre científico es *Buteo galapagoensis*. Desde entonces, hasta la fecha, no ha descansado en estudiar a esta ave única de Galápagos que se encuentra presente en 8 islas: Española, Santa Fe, Santiago, Pinzón, Isabela, Fernandina, Marchena y Pinta.

Su investigación se encaminó, primero a observar los detalles de la biología reproductiva con presas traídas al nido (uno o tres picho-

nes); segundo, a profundizar temas de genética, poliandria y preferencias del hábitat con la colaboración de John Faaborg de la Universidad de Missouri-Columbia, Jim Bednarz de la Universidad de Arkansas, Patricia Parker de la Universidad de Missouri-St. Louis y sus estudiantes y estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Amable lector, a través de la lectura de este libro, le invitamos a conocer los secretos y andanzas de este busardo de Galápagos, que vive en las “Islas encantadas” que según el escritor Gustavo Vásconez son encantadas por “la exótica belleza de sus parajes, el embrujo de su panorama de reminiscencias antediluvianas y por la extraordinaria riqueza de su fauna y su flora que ha constituido un laberinto viviente para los científicos de todas las épocas”. ☀





Brownea grandiceps (caña de trueno): anticonceptivo, cicatrizante y antihemorrágico.