

Número 14 | Quito, abril de 2012

# Nuestra Ciencia

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



MUESTRA 2  
12/02/2011

3



12



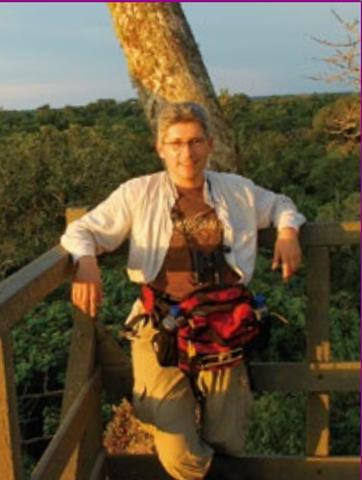
16



27



52



## Actualidad Científica

- 3 Arqueología microbiana**  
■ Javier Carvajal
- 8 Triángulo infeccioso: agente causal, individuo infectado y ambiente**  
■ Jaime Costales Cordero
- 12 Efectos de la construcción de una carretera en la comunidad de peloteros en el interior de la reserva Yasuní**  
■ Carlos Carpio y Olivier Dangles
- 16 El comportamiento de la Gaviota Andina comparado con otras especies de gaviotas**  
■ Tjitte de Vries
- 21 Los anolis cornudos de Mindo: un encuentro con lo bizarro**  
■ Omar Torres
- 24 Importancia del arbolado urbano en el Distrito Metropolitano de Quito**  
■ María del Carmen Matovelle

## Curiosidades Científicas

- 27 De qué sirve la ciencia en el Yasuní**  
■ Pablo Jarrín-V.
- 30 El cambio climático, las especies y el futuro de la vida**  
■ Andrés Merino-Viteri
- 34 Malaria: una enfermedad que ha dominado a la humanidad desde sus orígenes**  
■ Fabián Sáenz
- 38 Cronología de la cancelación de la patente de la ayahuasca**  
■ Omar Vacas
- 41 El carácter mágico de ciertas plantas silvestres de los valles secos interandinos**  
■ Catalina Quintana
- 47 Mecanismos de reacción**  
■ Lorena Meneses

## Instantáneas

- 50 Dos pequeños grandes milagros de las Isla Encantadas: Galápagos.**  
■ Santiago Burneo y Santiago Ron

## Gente que hace historia

- 52 Renato Valencia: un científico del mundo de las plantas**  
■ Alberto Rengifo

## Noticiencia

- 55 Ecos de las XXXV Jornadas Nacionales de Biología**  
■ Santiago Burneo
- 56 Segunda edición. Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador**  
■ Susana León.

# Contenido

**AUTORIDADES**

**Dr. Hugo Navarrete Zambrano**

Decano

**Máster Mercedes Rodríguez R.**

Directora de la Escuela de Ciencias Biológicas

**Doctora Lorena Meneses O.**

Directora de la Escuela de Ciencias Químicas

**Máster Galo Raza D.**

Director de la Escuela de Ciencias Físicas y Matemática

**EDITOR**

**Dr. Alberto Rengifo A.**

(Profesor de las Escuelas de Ciencias Biológicas y Ciencias Químicas)

**CONSEJO EDITORIAL**

**Magíster (c) Santiago Burneo N.**

(Profesor de la Escuela de Ciencias Biológicas),

**Dr. Tjitte De Vries P.**

(Profesor de la Escuela de Ciencias Biológicas),

**Dr. Pablo Jarrín-V**

(Director de la Estación Científica Yasuní).

**COLABORARON EN ESTE NÚMERO**

**Magíster (c) Santiago Burneo**

(Laboratorio de Mastozoología),

**Dr. Javier Carvajal**

(Laboratorio de Bioquímica),

**M. Sc. Carlos Carpio**

(Laboratorio de Entomología),

**Dr. Jaime Costales C.**

(Centro de Investigación de Enfermedades Infecciosas),

**Dr. Olivier Dangles**

(Laboratorio de Entomología),

**Dr. Tjitte de Vries**

(Laboratorio de Zoología),

**Dr. Pablo Jarrín**

(Dirección de la Estación Científica Yasuní),

**M. Sc. Susana León Y.**

(Herbario QCA),

**Magíster (c) María del Carmen Matovelle**

(Candidata a Magíster en Biología de la Conservación en la PUCE, Vivero Parque Metropolitano Guangüiltagua de Quito),

**Dra. Lorena Meneses**

(Dirección de la Escuela de Ciencias Químicas),

**Ph. D. (c) Andrés Merino**

(Laboratorio de Herpetología),

**M. Sc. Catalina Quintana**

(Herbario QCA),

**Dr. Alberto Rengifo**

(Escuela de Ciencias Biológicas y Ciencias Químicas),

**Dr. Santiago Ron**

(Laboratorio de Herpetología),

**Dr. Fabián Sáenz**

(Centro de Investigación de Enfermedades Infecciosas),

**Dr. Omar Torres**

(Laboratorio de Herpetología),

**Magíster (c) Omar Vacas**

(Herbario QCA).

ISSN: 1390-1893

**Todo bien hecho en Imprenta Hojas y Signos**

hojasysignos@gmail.com, 3319 298

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.

# Editorial



Por Luke Mahler

La lagartija cornuda de Mindo (*Anolis proboscis*) es la única especie de Ecuador, y una de las pocas en el mundo, cuyos machos poseen un largo apéndice en el rostro que se proyecta como un cuerno. Esta especie arbórea habita únicamente en Mindo y alrededores.

El artículo de Javier Carvajal empieza con un epígrafe en el que se lee un pensamiento de Albert Einstein: “Hay dos formas de ver la vida: una es creer que no existen milagros; otra es creer que todo es milagro” (“Arqueología microbiana” en *Nuestra Ciencia*, n.º 14). Pensamos que esta reflexión encierra el meollo de la vida misma: creer que sí hay milagros, pero que estos son producto de un trabajo tenaz, minucioso, compartido. Que la vida no consiste en cruzarse de brazos en espera de que el milagro llegue, sino en crear esos milagros con el optimismo y la fe que se tiene en hacer “mucho más de lo que se puede hacer comúnmente con los medios disponibles”.

Precisamente, en este décimo cuarto número se presentan artículos que nos invitan a creer en milagros; por ejemplo, crear un triángulo resucitador de levaduras, encontrar medicamentos que permitan combatir las enfermedades infecciosas que son la causa directa de la muerte de decenas de millones de personas al año, descubrir algo sobre la historia natural de la lagartija cornuda de Mindo, *Anolis proboscis*, animalito tan críptico y bizarro; entender las mil maneras de comunicarse que tiene la Gaviota andina, asistir a un milagro urbano: la planificación y mensaje de los espacios arbolados en las áreas urbanas para que generen bienestar ambiental y social.

En fin, en cada artículo de este volumen, usted, amable lector, caminará en medio de aquellas plantas “mágicas” que fortalecen el espíritu y alejan las malas energías, entenderá la amenaza grave que representa para las especies y el futuro de la vida el tan mencionado cambio climático, comprenderá que hacer ciencia en el Yasuní no es sino encontrar respuestas vitales a las preguntas trascendentales como son los orígenes y naturaleza de las especies y el funcionamiento planetario, se quedara absorto contemplando las fotos espectaculares de la nueva sección: Instantáneas, se enterará de muchas cosas interesantísimas que ocurrieron en las XXXV Jornadas Nacionales de Biología, 2011, y en el Primer Congreso Ecuatoriano de Mastozoología, realizados en la PUCE. Asimismo, se motivará a conseguir y a tenerlo como su “vademécum” el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador, segunda edición, etc., etc.

Presentamos, como siempre, nuestro agradecimiento a la PUCE por todo lo que nos ofrece, entrega y pone a nuestra disposición. Gracias muy sentidas al nuevo Decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Dr. Hugo Navarrete Zambrano, por su confianza, dinamismo y pleno respaldo a nuestra labor. Hacemos público nuestro agradecimiento a Repsol, Ecuador por coauspiciar esta publicación, acción generosa que manifiesta una vez más la interrelación positiva que se puede mantener entre la academia y este tipo de empresas.

Gracias, finalmente, y no por último menos importante y valioso, a mis amigos y amigas articulistas que colaboraron en este número. Gracias por su dedicación y esmero. Gracias a las nuevas voces (María del Carmen Matovelle, Andrés Merino, Fabián Sáenz, Omar Torres) que se han incorporado al “equipo de planta” de *Nuestra Ciencia*. Sus aportes generosos siempre serán valorados.

El telón de fondo de la edición y publicación de este número de *Nuestra Ciencia* baja lentamente, como señal inequívoca que, una vez más, la misión encomendada hace 14 años se ha cumplido. Pero la vida continúa y nos invita a seguir aportando en pro de una existencia digna en armonía con la naturaleza; por esto, sin tiempo para un respiro empezamos a soñar en el décimo quinto número de *Nuestra Ciencia*.

Hasta pronto,

Alberto B. Rengifo A.

Quito, 19 de abril de 2012

# Arqueología microbiana

■ Por Javier Carvajal  
(ejcarvajal@puce.edu.ec)

“Hay dos formas de ver la vida:  
una es creer que no existen milagros;  
la otra es creer que todo es un milagro”.

Albert Einstein

**E**n el salón de conferencias se respiraba un aire cansino y algo espeso; sentados en las cómodas sillas del hotel Camino Real Guadalajara, se encontraban especialistas de nacionalidades que representaban todos los continentes, listos para ver y escuchar la última charla del día y luego salir a la cena de gala que la organización del congreso había programado inmediatamente después de la ronda de preguntas. Había sido un día de trabajo intenso: conferencias, exposición de carteles, coffee breaks, contactos, lecturas y todo lo que normalmente acontece en un congreso de especialidades.

En la programación hecha por la organización del 29th International Specialized Symposium on Yeast (Guadalajara, México, 2011), en lo que a conferencias se refiere, la de la CLQCA o Colección de Levaduras Quito-Católica, fue acomodada en el último espacio en el programa de ese 1 de septiembre, a las 18:20 h. Antes habían ya expuesto los representantes de colecciones de levaduras de gran reputación, como la de la Universidad de California en Davis que lleva el nombre de su fundador Prof. Herman Phaff, notable investigador de las levaduras; la del Instituto Pasteur de París, cuyo nombre no necesita presentación; y la de la CECT o Colección

Española de Cultivos Tipo, banco de referencia en España para cultivos de microorganismos, establecido en Valencia.

La mayoría de los asistentes a la conferencia eran científicos con una vasta trayectoria; algunos de ellos autores de los libros sobre los que se fundamentan la sistemática y taxonomía, biotecnología y ecología de levaduras: textos considerados como las “biblias” para quienes estamos en este campo de la ciencia. En otras palabras, en aquel auditorio se encontraba presente “la crème de la crème” de este mundillo de investigadores. Varias cabezas blancas, algunos asistentes con ojos inquisitivos, otros de mirada amable y también aquellos personajes con facciones de difícil lectura.

Este fue el escenario en el cual se presentó por primera vez ante el mundo científico especializado nuestra línea de investigación acuñada como “Arqueología Microbiana”, dentro de un contexto en el que se hablaba sumariamente acerca de la Colección de Levaduras Quito-Católica, su estatus actual, proyectos y futuros desafíos.

## ¿Qué es la Arqueología de los Microbios?

Desde una perspectiva semántica se podría conceptualizar a la Arqueología Microbiana como aquella rama científica encargada de la re-

suscitación de microorganismos antiguos (levaduras en nuestro caso) para el estudio y comprensión de diversos aspectos relacionados con los ambientes naturales y culturas del pasado.

Sin embargo, desde el punto de vista científico, la Arqueología Microbiana es un verdadero compendio de distintas herramientas y ramas de las ciencias —tanto exactas y naturales cuanto sociales— que permiten dirigir la luz sobre aspectos ocultos de la historia, no únicamente relacionada con los seres humanos, sino la historia natural de los microorganismos. Por supuesto, semejante aproximación científica requiere del concurso de la Microbiología, Biología Molecular, Biotecnología, Antropología, Historia, Ecología, Ciencias de la Ingeniería y todas aquellas herramientas científicas y tecnológicas disponibles que nos permitan reconstruir parte del pasado a partir de microbios que se han mantenido en dormancia por decenas, cientos o miles de años, resguardados en la intimidad de sustratos antropogénicos o de origen natural.

## El Triángulo de la Resucitación o método HRM

A pesar de que muchos conocemos que los microorganismos tienen gran capacidad para soportar factores adversos de carácter físico o químico, tales como la desecación,

la falta de alimento o la presencia de toxinas en el medio que habitan; también es cierto que ellos son susceptibles de daños en sus estructuras celulares que, eventualmente, podrían llevarlos a la muerte. Muchas bacterias y levaduras poseen la capacidad de formar esporas, donde se mantienen los elementos vitales de la especie en un estado de hibernación que se prolonga hasta que las condiciones del entorno se vuelven más amigables para la reproducción. Esta constituye una estrategia individual de defensa de las células microbianas.

Otra forma de protección desarrollada por los microbios es la de juntarse apretadamente unos contra otros, formando grupos de células que permitan resistir las condiciones adversas. En esta estrategia grupal, existen células que por estar colocadas en la periferia de los cúmulos hacen de escudos, lo que eventualmente podría significar su sacrificio en pos de la preservación de sus congéneres ubicados en el interior del cúmulo celular. Lo dicho se asemeja mucho con los apretados grupos formados por cientos de pingüinos en la Antártida que consiguen abrigo y protección en

los helados climas.

La gran habilidad de colonización de los microorganismos les permite acceder a lugares donde otros organismos no podrían. Por su tamaño y capacidad adaptativa, pueden ser hallados en grietas, poros, superficies aparentemente lisas al ojo, etc. Por ejemplo, los poros de una vasija de barro ofrecen un microhábitat ideal para las levaduras que se infiltran en las minúsculas cavernas que se forman en el barro. De ahí la idea de recuperar esta microflora y estudiarla.

En teoría todo suena viable y hasta fácil; en la práctica, esto requiere de técnicas microbiológicas distintas a las tradicionales, ya que muchos microorganismos antiguos se encuentran muy comprometidos en lo que a sus estructuras se refiere, por lo que es necesario intervenir a nivel molecular, tal como un médico intervendría a nivel macroscópico con un paciente grave.

Por esta razón tuvimos la necesidad de desarrollar un método al que lo denominamos “el triángulo de la resucitación”, que consta de tres pasos fundamentales: hidratación, restauración de estructuras de compartimentalización celular y

activación metabólica. Una vez que se logra la división celular, todo lo demás es campo de la Microbiología convencional y es relativamente sencillo preservar ese linaje o cepa de microorganismo (Fig. 1).

### ¿Ciencia o Esoterismo?

En Brasil, Congreso Brasileño de Microbiología, en octubre de 2011, la conferencia acerca de Arqueología Microbiana se da ante un foro de microbiólogos interesados por los resultados obtenidos de la resucitación de levaduras antiguas de vasijas de chicha y toneles de cerveza y la recreación de las bebidas del pasado; a pesar del evidente interés sobre el tema, se respira algo de escepticismo, porque se piensa que el método de resucitación de levaduras antiguas —un secreto industrial de la PUCE y del investigador que lo desarrolló (J. Carvajal en el año 2007)—, debería ser descrito y publicado para que alguien más lo evalúe, valide, discuta o perfeccione.

En el mundo científico, donde se necesita demostrar lo que se asevera, hablar de un secreto industrial es sacrilegio y prácticamente rompe de inicio la posibilidad de argumentación de la que nos alimentamos

Por Javier Carvajal

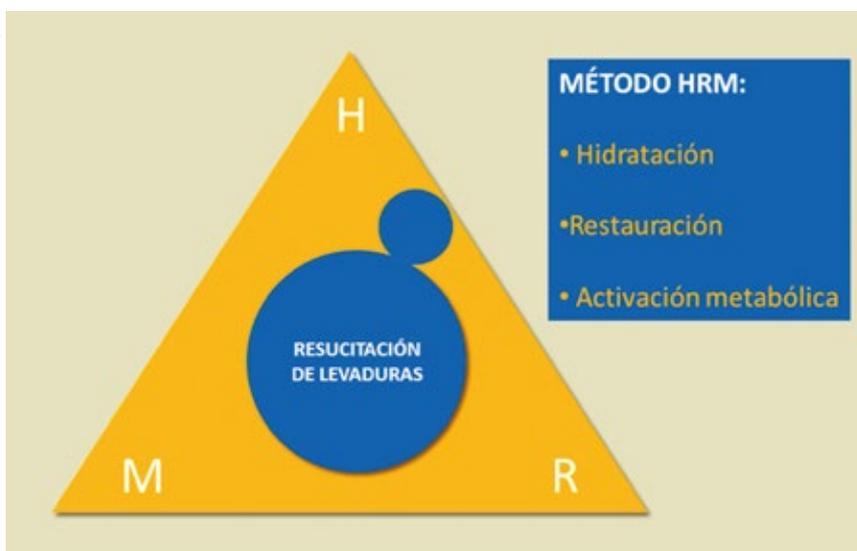


Figura 1. El Triángulo de la Resucitación o método HRM .

los investigadores. Más aún, hablar de que el método, fruto de nuestro trabajo y esfuerzo, no sea descrito y revelado puede causar distintos grados de frustración en los oyentes con la posibilidad de ser descalificado *a priori*.

En mis charlas sobre este tema, trato cuidadosamente la explicación sobre las motivaciones de la creación del método HRM y de mantener sus fórmulas y protocolos en secreto. Para comenzar, hablo de la diferencia entre lo que es la “resucitación” y la “resurrección”, siendo esta última una capacidad sobrenatural no descrita ni entendida bajo la mira científica.

Para explicar la filosofía detrás del método suelo decir que quien logre por cualquier medio restaurar las paredes y fluidizar las membranas celulares, hidratar las células (o esporas) y, por último, activar la maquinaria metabólica de un microorganismo en dormancia, habrá resucitado un microbio. Por lo tanto, dependiendo del desarrollo de cada investigador interesado, puede haber un amplio rango de resultados entre el éxito y el fracaso. No obstante, nuestra receta no se puede revelar, pues ya pasa de ser un tema científico y se convierte en un asunto legal. Lo que sí podemos garantizar basados en experiencias dentro y fuera del Ecuador, es que los resultados obtenidos a partir del método que desarrollamos son palpables, prueba de ello las levaduras vivas.

Pero, ¿cómo demostrar que las levaduras recuperadas de vasijas y toneles de fermentación son realmente antiguas y no contaminación del ambiente? Para responder esta pregunta hay que introducirnos en parte de la metodología: nuestros aislados de levaduras son recuperados de capas internas del sustrato en estudio, lugares a los que las

levaduras ambientales solo podrían acceder mediante el transporte por medio de líquidos. Los sustratos donde hemos trabajado típicamente se encuentran cubiertos por capas orgánicas secas de materia orgánica, barro o tierra seca, pinturas o tintes. Si en el período entre la última fermentación y la toma de muestras (cientos o miles de años) no hubo ingreso de agua, las levaduras que de allí se resuciten van a tener una alta probabilidad de pertenecer al contexto fermentativo primigenio y no a una infiltración microbiana posterior a la fermentación.

Cuando las levaduras que se recuperan de restos antiguos crecen de un día para otro, esto podría significar que provienen del ambiente circundante actual: la resucitación de las levaduras antiguas tarda entre tres semanas y un mes; es un proceso lento y aún poco comprendido. De esta manera, la experiencia nos da una forma indirecta de selección de levaduras antiguas y de segregación de aquellas de dudosa procedencia.

Es fundamental en nuestro estudio mantener la asepsia antes y durante la toma de muestras, por lo que se emplea material de acero estéril, guantes, gorras y mascarillas. Todo el proceso de toma de muestras se realiza dentro de una cámara de flujo laminar y, por si hubiese algún tipo de duda, la mayoría de nuestros aislados de levaduras antiguas son obtenidos entre 2 y 5 mm de profundidad dentro del sustrato de muestra; es decir, en micro-criptas cerradas al intercambio ambiental.

Justamente, de esto último fue que decidimos adoptar el término Arqueología Microbiana, pues tal como los arqueólogos, nosotros hacemos verdaderas micro excavaciones en las minúsculas criptas de las

piezas arqueológicas, en busca de los tesoros microbiológicos que, en su particular y único lenguaje, pueden contarnos parte de la historia.

## **Dos aportes científicos de la Arqueología Microbiana**

En 2009, trabajando en un proyecto sobre estudios de chichas antiguas y en colaboración con arqueólogos de la necrópolis de La Florida, en Quito, una de nuestras estudiantes, bajo mi dirección, consiguió aislar una levadura a partir de una vasija de chicha del año 680 d. C. Esta levadura, por sus características moleculares, podía catalogarse como nueva especie. Esta tenía relación muy cercana con levaduras patógenas ubicadas en el clado denominado *Lodderomyces*, es decir, aquel donde se acomoda taxonómicamente la especie *Candida albicans*, famosa por causar infecciones vaginales. El trabajo de la estudiante fue reivindicado al ser reconocida como colectora en la base de datos europea EMBL, donde se guarda la secuencia de parte del genoma de esta especie. Posteriormente, este aislado se envió a Inglaterra, donde los resultados obtenidos en Ecuador fueron perfeccionados y ampliados con lo que se llega a determinar el perfil fisiológico de esta levadura.

Años más tarde, en 2011, otro grupo de investigadores, esta vez de Taiwán, bajo el mando del Prof. Ching-Fu Lee, encuentra un aislado prácticamente idéntico (molecularmente, aunque fisiológicamente diferente) en una botella de té producido en Indonesia. Este grupo de taxónomos se contacta con el grupo inglés y con nosotros para realizar conjuntamente la descripción de la nueva especie. Los taxónomos taiwaneses que lideran el trabajo, deciden acomodar esta nueva especie con el nombre de *Candida theae*,

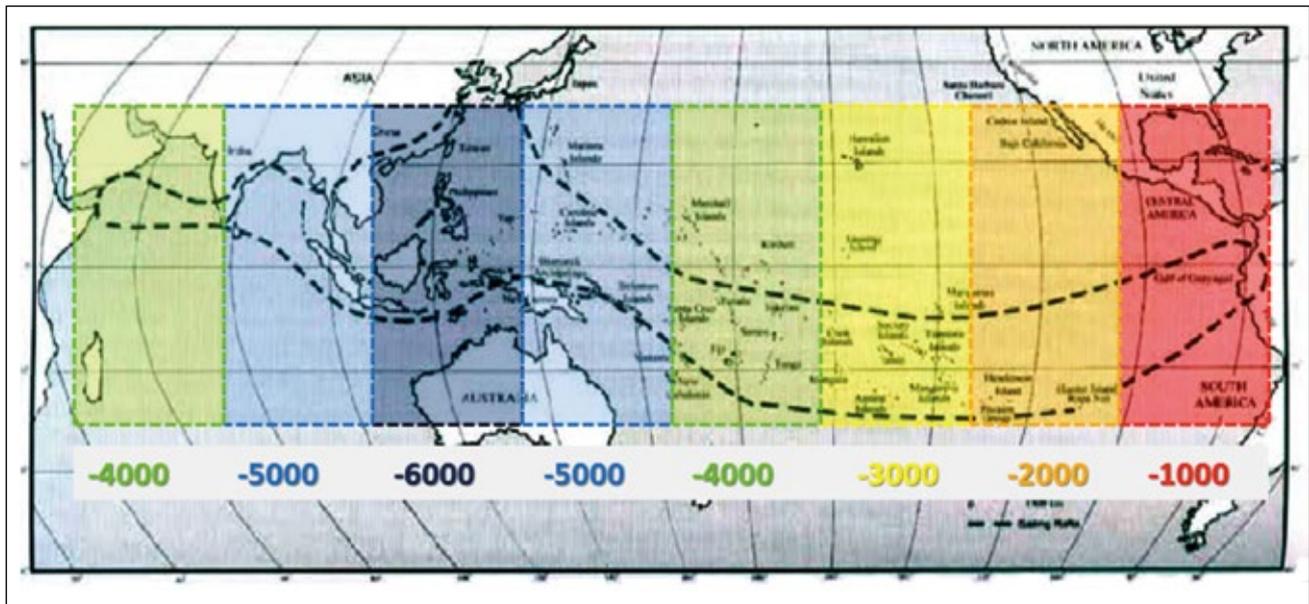


Figura 2. Posible ruta de dispersión de *Candida theae* a lo largo del tiempo. Mapa modificado de Scaglione y Cordero, 2010.

por el sitio de donde fue aislada.

Lo intrigante en este caso es el origen de las levaduras y su localización geográfica: en otras palabras, ¿cómo una misma especie de levadura relacionada con el hombre se encuentra en dos puntos geográficos tan distantes y con una diferencia temporal de más de 1300 años? Según los estudios antropológicos de los profesores de la Universidad de Pittsburg, Scaglione & Cordero publicados en 2010 en su libro titulado “*Pre-Columbian Contacts with the New World*” (*Contactos pre-colombinos con el Nuevo Mundo*), se presentan sólidas evidencias de una migración polinesia hacia las costas de Ecuador en el primer milenio de nuestra era. Se sabe que hace 6000 años se dio una migración masiva desde Taiwán hacia Indonesia, Micronesia, Melanesia y Polinesia, la que se conoce como “el tren expreso desde Taiwán”. Posteriormente, estos descendientes de los primeros migrantes taiwaneses llegan por mar desde la Polinesia hasta las costas del Golfo de Guayaquil. Traen consigo varias especies, entre ellas el camote y probablemente gallináceas. Pero, ¿traen también levaduras dentro de

sus cuerpos? Evidencia histórica indica que la chicha antigua en los Andes (de México a la Patagonia) se fermentaba con excrementos humanos, de esta forma especies de levaduras pudieron haber sido transportadas por poblaciones polinesias e introducidas en nuevos hábitats en tiempos antiguos a través de un largo y tortuoso viaje trans Pacífico (Fig. 2).

Evidentemente, este caso de estudio da a los arqueólogos y antropólogos algunas claves y refuerza la teoría de la dispersión de habitantes polinesios en Sudamérica en tiempos precolombinos. De esta manera, las levaduras pueden ser organismos indicadores de migraciones humanas en el pasado, lo que aporta ciertamente con la comprensión de nuestros posibles orígenes.

Quedan también cabos sueltos en este caso, pero creemos que toda buena investigación deja nuevas preguntas para ser resueltas; en este punto, podríamos echar mano de nuestra nueva rama de la ciencia para intentar explicaciones plausibles que demuestren hechos poco comprendidos acerca del pasado del hombre americano.

El segundo caso es algo más mundano, si se quiere, aunque ciertamente tiene algo de divino. Se trata de la recreación de la primera cerveza de las Américas que fue producida por los Franciscanos en Quito, en 1566. Después de varios intentos por recuperar las auténticas levaduras de los fermentadores de cerveza de esta, la primera cervecería de América, finalmente el 12 de febrero de 2011 se logra una cepa de *Saccharomyces cerevisiae*, que sin lugar a dudas no es contaminante de levaduras similares de la misma especie, sino que corresponde a la resucitación de una sola célula, por tanto un solo linaje celular, a partir de fragmentos de madera tomados de toneles en el Convento de San Francisco, en Quito (Fig. 3).

Este hallazgo se complementa con el de la receta original y con un posterior estudio de las técnicas empleadas en el siglo XVI por Fray Jodoco Ricke, en su misma región de nacimiento, esto es en Flandes, donde nos desplazamos en 2010 para estudiar la forma de preparación de estas antiguas cervezas monacales.

El producto obtenido fue la cer-

Figura 3. Una única colonia nace de un fragmento de astilla de uno de los fermentadores de la cervecería del Convento de San Francisco. Su identificación molecular dio como resultado la especie *Saccharomyces cerevisiae*.



veza llamada Quito, 1566, sobre la que la PUCE conserva sus derechos en la medida en la que toda la investigación y desarrollo del producto se hizo en esta universidad. Además, la PUCE ha registrado ya tres marcas para que en un futuro algún inversionista interesado en producir la primera cerveza de América, establezca una negociación con nuestra universidad.

### **La Arqueología Microbiana y el método de resucitación son aceptados por expertos**

Volviendo a la exposición que di en México, debo decir que a medida que avanzaban las diapositivas, mi entusiasmo iba “in crescendo” por ver la aprobación tácita de aquellas cabezas de los expertos asintiendo repetidamente y, a la vista, disfrutando de lo que es una nueva visión sobre el trabajo de las levaduras y con las levaduras, líneas que noso-

tros las desarrollamos en nuestra universidad.

Interés y preguntas de los expertos más renombrados en fermentaciones de bebidas al final de la exposición y, luego de culminada, a la salida del salón, la felicitación personal de investigadores como Graham Fleet de Australia, André Lachance de Canadá y Allen Hager de Estados Unidos.

En esos días aún no había sido aceptado el manuscrito enviado desde Taiwán sobre la descripción de la levadura *Candida theae*. No sabíamos qué dirían los “referees” sobre nuestro método HRM y la Arqueología Microbiana, por lo que reinaba la incertidumbre en el equipo taiwanés, inglés y ecuatoriano.

A los pocos días, el taiwanés Ching-Fu Lee envía a todo el equipo de trabajo un efusivo mensaje de congratulación por la aceptación del manuscrito para su publica-

ción en el International Journal of Food Microbiology, con excelentes comentarios y aceptando por primera vez en un artículo científico revisado por expertos nuestra línea de investigación, la Arqueología Microbiana y su método fundamental HRM, inclusive sin requerir descripción, respetando el secreto industrial de la PUCE.

Esto realmente nos sorprendió a todos, pero debo decir, en honor a la verdad, que afortunadamente el editor principal de aquel importante “journal”, sin yo saberlo, era el Prof. Graham Fleet, el mismo que una semana antes asistió a mi charla en Guadalajara...



# Triángulo infeccioso: agente causal, individuo infectado y ambiente

■ Por Jaime Costales C.  
(jacostales@puce.edu.ec)

## Introducción

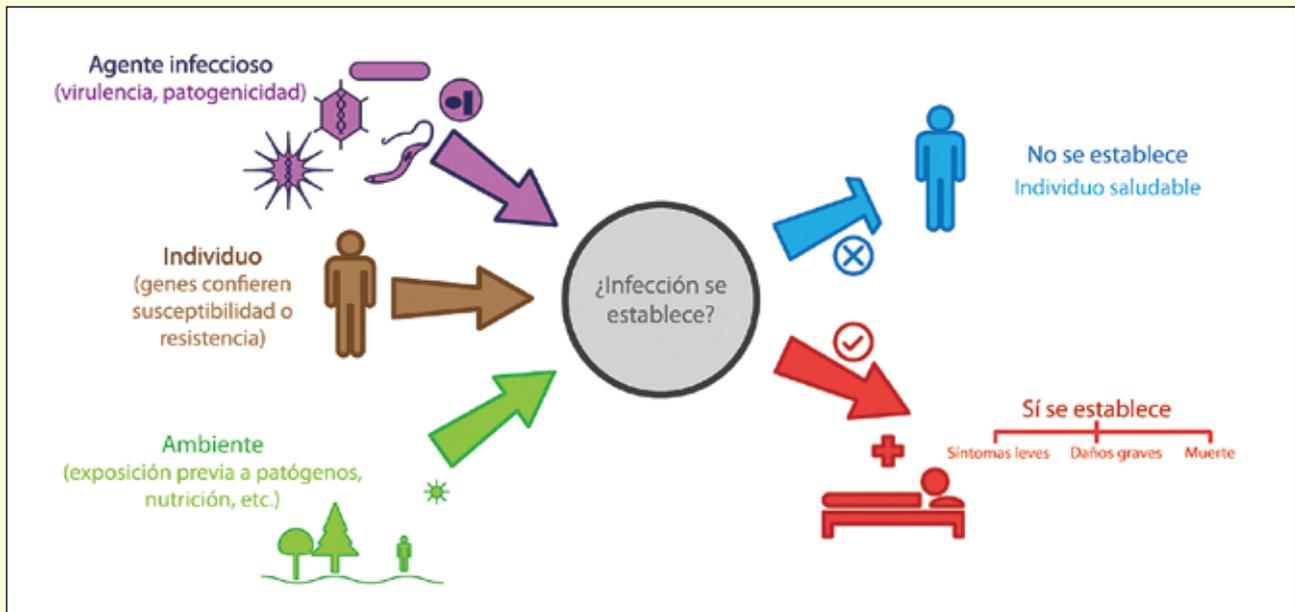
Las enfermedades infecciosas son la causa directa de la muerte de decenas de millones de personas al año [1]. Su impacto sobre la calidad de vida de la gente en todas partes del mundo es enorme. Además, a causa de los costos que resultan de los tratamientos y hospitalizaciones, así como la reducción en la productividad debido a los días de trabajo perdidos, las enfermedades infecciosas

afectan fuertemente la economía de los países, especialmente de aquellos que se encuentran en vías de desarrollo.

## Un fenómeno complejo

Desde el punto de vista biológico, las enfermedades infecciosas son un fenómeno altamente complejo. Su ocurrencia está determinada por interacciones entre entidades biológicas distintas: el agente infeccioso y el organismo infectado. El resultado de esta interacción determina si es que la

infección se establece, así como de qué tipo e intensidad son los síntomas que presenta quien la sufre. En un extremo del espectro, una infección puede no establecerse o, si lo hace, ser totalmente asintomática. Mientras tanto, en el otro extremo, la infección puede ocasionar la muerte de quien la sufre. Para elevar aún más el grado de complejidad, los factores ambientales tienen también un impacto: el estado nutricional del individuo infectado o el haber recibido una vacuna, por ejemplo, tienen un



Por Daniel Bustillos Costales

Figura 1. Diferentes factores influyen el resultado de una infección. El que una infección se establezca o no, y que, de establecerse, cause síntomas graves o leves depende de varios factores. La agresividad del agente infeccioso (su virulencia, patogenicidad) está determinada genéticamente. Asimismo, la genética de la persona que encuentra a estos patógenos tiene una importancia decisiva; hay personas que son más o menos susceptibles a una infección y a sus consecuencias negativas. Finalmente, el ambiente (exposiciones previas a patógenos, estado nutricional, etc.) tiene también una influencia substancial.

efecto decisivo sobre el curso que la infección toma (Fig. 1).

Diversos estudios han demostrado que la constitución genética de cada persona puede tener un efecto decisivo sobre la manera en que su organismo interactúa con patógenos (agentes biológicos causantes de enfermedades infecciosas), determinando así la gravedad de una determinada infección. Existen casos en los que es muy clara la relación de un gen humano dado con la susceptibilidad a una enfermedad o la progresión de la misma. El ejemplo más clásico y conocido es el de la anemia falciforme y la malaria. Toda persona que ha tomado un curso de bioquímica ha estudiado las bases moleculares de este fenómeno. La gente que sufre de anemia falciforme tiene una mutación que causa una hemoglobina anormal. Esta modificación hace que los glóbulos rojos adquieran una morfología alargada en forma de hoz (de ahí el nombre falciforme). Lo interesante es que los glóbulos rojos de los individuos portadores de esta mutación tienen características particulares, que causan que el protozoo parásito *Plasmodium falciparum* (agente causal de la malaria), no logre sobrevivir adecuadamente dentro de ellos. Además, los glóbulos rojos falciformes son removidos de circulación en el bazo, lo que contribuye a que el parásito sea eliminado con mayor facilidad (revisado por [2]). En ciertas áreas del mundo, donde la malaria es muy común, como en el África subsahariana, portar el gen de la anemia falciforme resulta ventajoso. ¡En estas regiones, si uno sufre de anemia falciforme, entonces es menos pro-

bable que muera de malaria! Claro que esto viene con un precio: glóbulos rojos deformes y en números reducidos que bloquean los vasos sanguíneos y pueden causar daños en diversos órganos. Los individuos que tienen dos copias de la mutación en su genoma (homocigotos) generalmente mueren en la infancia si no reciben tratamiento. Es por esto que esta característica genética es ventajosa en los individuos que tienen solo una copia (heterocigotos) y, únicamente, en áreas donde la prevalencia de la infección con *P. falciparum* es extremadamente alta.

Los genes que codifican proteínas del sistema inmune, especialmente los genes ubicados en el locus conocido como HLA, pueden tener un impacto muy grande en la susceptibilidad a distintos agentes infecciosos [3]. El tipo de alelos que un individuo tenga en el locus HLA, por ejemplo, está relacionado con su capacidad de eliminar el virus de la hepatitis B. Mientras más variados sean estos genes, más probabilidades existen de que el individuo elimine la infección y que esta no se vuelva persistente [4].

Otro ejemplo interesante de cómo la genética humana afecta al resultado de la interacción con patógenos, es el gen de la proteína conocida como “receptor de quemoquinas 5” o CCR5. El virus de inmunodeficiencia humana (VIH) infecta a células del sistema inmune conocidas como células dendríticas, macrófagos y algunos tipos de células T, todas las cuales poseen la proteína CCR5 en su superficie. La interacción del VIH con la proteína CCR5 es esencial para que la infección ocurra. Sin

embargo, existen personas que tienen “deleciones” en el gen CCR5; es decir, tienen mutaciones que causan que la proteína CCR5 expresada por sus células esté truncada y no sea funcional. Individuos que son homocigotos para estas mutaciones son inmunes a algunas variantes del VIH, ya que el virus no reconoce la forma truncada de la proteína CCR5 y por lo tanto no puede invadir las células [5]. Asimismo, existen otros genes humanos que están relacionados con la velocidad con que la infección con el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) lleva al síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA). Nuevamente, son algunos alelos del locus HLA los que permiten al sistema inmune de ciertos individuos reconocer la presencia del VIH y destruir las células que ha infectado haciendo que la progresión hacia el SIDA sea más lenta [6].

Desafortunadamente, la relación de la genética humana con las manifestaciones clínicas de las enfermedades no es siempre tan clara. En la mayoría de los casos, la relación es multifactorial; es decir, una gran cantidad de genes humanos determinan, de manera colectiva, la susceptibilidad a una enfermedad. Muchos genes, en conjunto, determinan qué tan grave será la enfermedad que una persona sufra al infectarse con un patógeno dado. Esto es patente en enfermedades como hepatitis B, malaria, tuberculosis, leishmaniasis, dengue, así como en infecciones con *Helicobacter pylori* y VIH, entre muchas otras [3].

## Con respecto a la enfermedad de Chagas

Por otro lado, también la alta complejidad genética de los patógenos afecta el establecimiento y progresión de las infecciones. En la actualidad existen muchos estudios para determinar si esto ocurre en la enfermedad de Chagas, la cual es causada por el protozoo parásito *Trypanosoma cruzi*. Dado que esta enfermedad es estudiada en el Centro de Investigación en Enfermedades Infecciosas (CIEI) de la PUCE, discutiremos brevemente esta situación. *T. cruzi* infecta alrededor de 10 millones de personas en Latinoamérica, en donde la enfermedad de Chagas es endémica. Este parásito es transmitido principalmente por insectos hematófagos de la familia Reduviidae, aunque también puede transmitirse por transfusiones sanguíneas y de madre a hijo durante el embarazo. Actualmente, no existe una vacuna ni tratamiento que sea satisfactorio. Inicialmente, la enfermedad presenta síntomas tales como fiebre, debilidad, mareo y agrandamiento de órganos como el hígado y el bazo. La mayoría de los individuos infectados se sobrepone a esta fase, la cual dura alrededor de dos meses, para posteriormente no presentar síntomas por el resto de sus vidas (alrededor del 60-70% de los individuos permanecerán asintomáticos). Sin embargo, entre el 30 y 40% de las personas infectadas por *T. cruzi* desarrolla daños crónicos irreversibles en el corazón (lo que se conoce como “forma cardíaca” de la enfermedad) o el sistema digestivo (“forma digestiva”). Estos daños ocurren muchos años (incluso décadas) después de la in-

fección inicial, son irreversibles y pueden ser tan graves que conllevan a la incapacidad o inclusive la muerte [7].

¿Qué es lo que causa estas diferentes manifestaciones clínicas de la enfermedad de Chagas? ¿Se debe acaso a la variabilidad genética de las personas? ¿A diferencias de genética en los parásitos? Muy probablemente una combinación de ambas cosas...y habrá que sumarle el efecto de factores ambientales, tales como la dieta de las personas, por ejemplo.

Muchos de los estudios actuales apuntan a las diferencias genéticas de *T. cruzi* como una posible causa de las diferentes manifestaciones de la enfermedad. Como especie, *T. cruzi* es genéticamente muy variable, y se han encontrado seis linajes principales, llamados TcI, TcII, TcIII, TcIV, TcV y TcVI. Cada linaje tiene una distribución geográfica distinta. Tradicionalmente, debido a estudios realizados en Brasil y Bolivia, se ha creído que el linaje TcI es menos patogénico; es decir, que aquellas personas que se infectan con TcI son menos propensas a sufrir daños cardíacos que las personas infectadas por otros tipos de *T. cruzi* [8]. Además, en los mencionados países, el linaje TcI no está frecuentemente asociado a infecciones de seres humanos, sino que más bien este linaje está presente generalmente en mamíferos salvajes en ambientes selváticos [8].

En cuanto a la presencia de las distintas variedades de *T. cruzi* en nuestro país, estudios realizados en la PUCE por el equipo liderado por el Dr. Mario Grijalva han demostrado que TcI es el principal tipo de

este parásito presente en el Ecuador [9]. Estos estudios han incluido amplios muestreos de los insectos que transmiten la enfermedad de Chagas, así como mamíferos pequeños que actúan como reservorios. Se ha trabajado principalmente en las provincias de Manabí y Loja (áreas tradicionalmente conocidas por ser endémicas para la enfermedad de Chagas), pero también otras regiones del país, tomando muestras que posteriormente son analizadas por técnicas moleculares para determinar los tipos de *T. cruzi* que están presentes. A pesar de un muestreo de alta densidad, tan solamente se ha podido encontrar el linaje TcI, el cual es posiblemente el único tipo de *T. cruzi* presente en el Ecuador.

## Estudios en marcha

Para complementar y extender esta información, el autor de este artículo dirige un proyecto que se encuentra bajo ejecución en el Centro de Investigación en Enfermedades Infecciosas. Dicha investigación cuenta con el auspicio de la PUCE y el Programa Especial para Investigación en Enfermedades Tropicales de la Organización Mundial de la Salud (TDR). Uno de los objetivos es determinar qué linajes de *T. cruzi* infectan a personas en distintas provincias endémicas del Ecuador, y qué relación tiene esto con los síntomas que cada persona infectada presenta. Existen muy pocos casos de cardiopatía chagásica registrados en las estadísticas del Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Sin embargo, teniendo en cuenta que se estima que hay alrededor de 200 mil personas que sufren de la enfermedad de Chagas

en nuestro país [10] y que, como se mencionó anteriormente, el 30 a 40% de las personas infectadas por *T. cruzi* desarrollan daños cardiacos, se esperaría que hayan varias decenas de miles de personas sufran de cardiopatía chagásica en el Ecuador. El hecho de que las estadísticas oficiales no reflejen esto, ¿se debe a que el linaje TcI (que predomina en el Ecuador) causa en realidad menos daños, como lo sugieren las investigaciones en Brasil y Bolivia? ¿O acaso la explicación radica en que las provincias endémicas de nuestro país no cuentan con la capacidad de laboratorio para diagnosticar la enfermedad de Chagas ni tampoco un sistema eficiente de reporte de casos al Ministerio de Salud Pública?

En este sentido, es importante mencionar que TcI es también predominante en nuestro vecino del norte, Colombia. Investigadores de la Universidad de los Andes han publicado recientemente un estudio en el que muestran que la mayoría de pacientes que sufren de cardiopatía chagásica en Colombia están infectados con TcI [11]. Además, demuestran que los pacientes infectados con TcI sufren una gran variedad de daños cardiacos. Por lo tanto, no debe subestimarse la capacidad de TcI de producir manifestaciones cardiacas crónicas en pacientes chagásicos.

### Conclusión

¿Es TcI un linaje menos patogénico? La interrogante todavía no está resuelta, y la información sobre los tipos de *T. cruzi* que causan Chagas en pacientes del Ecuador será muy valiosa para ayudar a contestarla. Es de esperarse que en el futuro cercano, gracias a las inves-

tigaciones que se llevan a cabo en la PUCE, contemos con una idea más clara de si TcI es o no la principal causa de daños cardiacos entre los pacientes chagásicos en el Ecuador. Junto con otros estudios que se realizan sobre las distintas variedades del virus de la hepatitis C, de las distintas especies de *Plasmodium*, agente causal de la malaria, así como de otros organismos infecciosos que se estudian en el CIEI, la PUCE hace aportes significativos al conocimiento del impacto de la variabilidad genética de los agentes infecciosos sobre la población ecuatoriana.

### Literatura consultada

1. McNicholl JM, Cuenco KT: Host genes and infectious diseases. HIV, other pathogens, and a public health perspective. *Am J Prev Med* 1999, 16(2):141-154.
2. Nagel RL, Roth EF, Jr.: Malaria and red cell genetic defects. *Blood* 1989, 74(4):1213-1221.
3. Burgner D, Jamieson SE, Blackwell JM: Genetic susceptibility to infectious diseases: big is beautiful, but will bigger be even better? *Lancet Infect Dis* 2006, 6(10):653-663.
4. Thursz MR, Thomas HC, Greenwood BM, Hill AV: Heterozygote advantage for HLA class-II type in hepatitis B virus infection. *Nat Genet* 1997, 17(1):11-12.
5. Liu R, Paxton WA, Choe S, Ceradini D, Martin SR, Horuk R, MacDonald ME, Stuhlmann H, Koup RA, Landau NR: Homozygous defect in HIV-1 coreceptor accounts for resistance of some multiply-exposed indi-

viduals to HIV-1 infection. *Cell* 1996, 86(3):367-377.

6. Carrington M, Nelson GW, Martin MP, Kissner T, Vlahov D, Goedert JJ, Kaslow R, Buchbinder S, Hoots K, O'Brien SJ: HLA and HIV-1: heterozygote advantage and B\*35-Cw\*04 disadvantage. *Science* 1999, 283(5408):1748-1752.
7. WHO: Control of Chagas Disease. Geneva: World Health Organization; 2002.
8. Buscaglia CA, Di Noia JM: Trypanosoma cruzi clonal diversity and the epidemiology of Chagas' disease. *Microbes Infect* 2003, 5(5):419-427.
9. Ocana-Mayorga S, Llewellyn MS, Costales JA, Miles MA, Grijalva MJ: Sex, subdivision, and domestic dispersal of Trypanosoma cruzi lineage I in southern Ecuador. *PLoS Negl Trop Dis* 2010, 4(12):e915.
10. Aguilar HM, Abad-Franch, F., Racines, J., Paucar, A.: Epidemiology of Chagas disease in Ecuador. A brief review. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 1999, 94(Suppl. I):387-393.
11. Ramirez JD, Guhl F, Rendon LM, Rosas F, Marin-Neto JA, Morillo CA: Chagas cardiomyopathy manifestations and Trypanosoma cruzi genotypes circulating in chronic Chagasic patients. *PLoS Negl Trop Dis* 2010, 4(11):e899.



# Efectos de la construcción de una carretera en la comunidad de peloteros en el interior de la reserva Yasuní

■ Por Carlos Carpio y Olivier Dangles  
(fccarpio@yahoo.com) (odangles@puce.edu.ec)

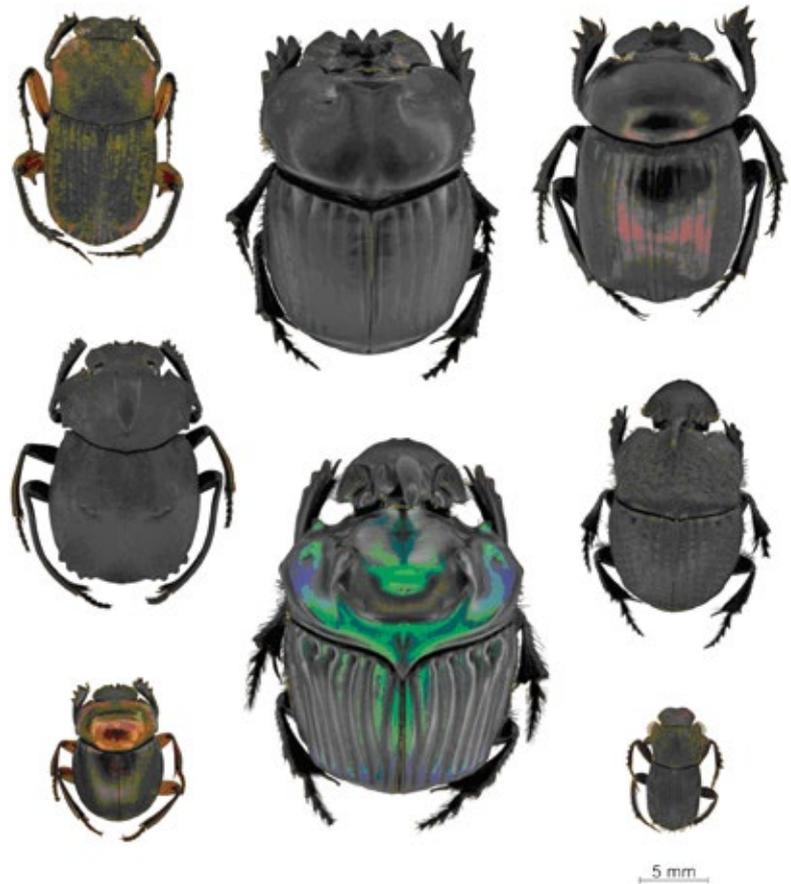


Por (c) Rafael E. Cárdenas / BIOGRÁFICA - Archivo de Imágenes

*Oxysternon conspicillatum* tras un torrencial aguacero. PN Yasuní.

## Introducción

Las carreteras constituyen un importante motor para el desarrollo de los pueblos, ayudan a mejorar las actividades comerciales y la calidad de vida de los individuos en general. Sin embargo, en los últimos años, ha aumentado la preocupación de los problemas provocados por las vías en el ambiente; debido a esto, estudios ecológicos relacionados con las carreteras han ganado impulso, sobre todo, en los trópicos en donde se sabe que la construcción de vías constituye una de las principales causas de fragmentación de bosques. Las carreteras de cualquier tipo ocasionan siete grandes tipos de efectos generales: mortalidad causada durante la construcción de la vía, mortalidad debida a la colisión con vehículos, modificación en la conducta animal, alteración del ambiente físico, alteración del ambiente químico, dispersión de especies exóticas e incremento en el cambio del uso del suelo provocado por las actividades humanas [1]. Los efectos de borde han sido definidos como el resultado de interacciones entre dos ecosistemas vecinos, cuando los dos están separados por una zona de transición muy diferente a ellos. Se ha definido que los efectos de borde están compuestos de dos componentes complementarios y estadísticamente definibles: la magnitud (que es el grado de las diferencias en los valores de respuesta entre el parche y la matriz interior) y el alcance (que es la distancia durante la cual la diferencia de las respuestas pueden ser detectadas) [2].



Por Alejandro Janeta

Figura 1. Algunas especies representativas de las comunidades de peloteros en Yasuní.

## Estudio preliminar

Hemos estudiado esta temática desde el 2005, año en que hicimos un estudio del efecto de borde de una carretera que había sido recientemente abierta en el sector de Chiruisla, provincia de Orellana. Para aquella investigación, exploramos el efecto de borde sobre los escarabajos peloteros a los 10, 50 y 100 m hacia el interior del bosque. Escogimos a estos escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) debido a que repetidamente han sido propuestos por la comunidad científica como un grupo útil para inventarios de biodiversidad, para monitoreo y para examinar las interacciones entre los cambios provocados por el hombre y la composición de la comunidad (Fig. 1). En nuestro estudio no se encontraron modifi-

caciones aparentes en la comunidad de los peloteros provocadas por la vía, pero aún existía la posibilidad de que el alcance del efecto de borde hubiese sido mayor al que habíamos pensado (100 m) y que debido a esto no se observaron los cambios esperados [3].

## Estudiando el efecto de borde en Yasuní

En este contexto, nos pareció interesante estudiar cuál sería la extensión del efecto de borde en la comunidad de los escarabajos peloteros, provocado por el impacto de una carretera construida hace 15 años dentro del Parque Nacional Yasuní. La vía fue hecha para facilitar las labores de la petrolera establecida en el lugar. El estudio se llevó a cabo específicamente en el noreste del Parque en un tramo de

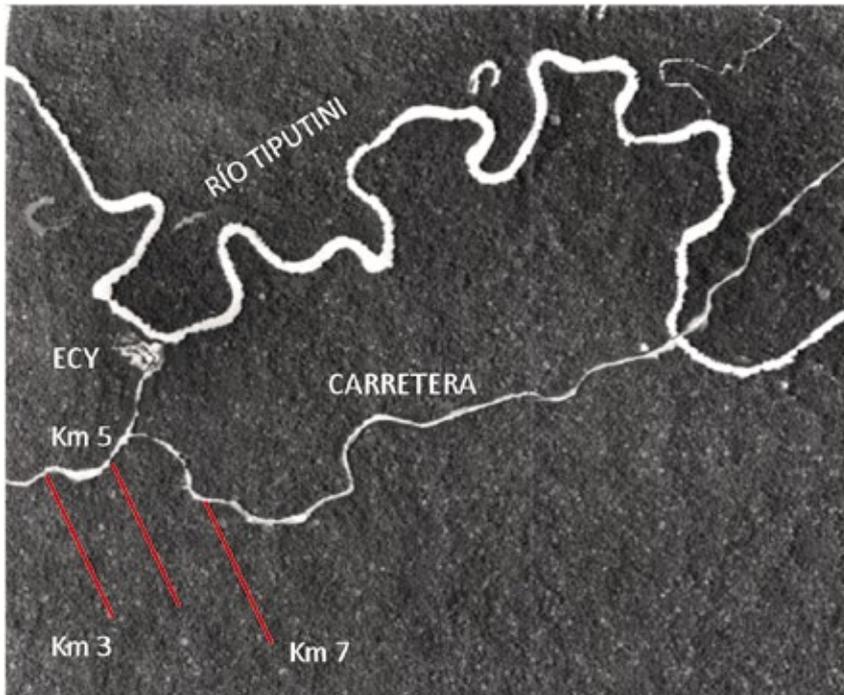


Figura 2. Foto aérea en el que se indica la ubicación del experimento en el que se analizó la extensión del efecto de borde causado por la construcción de la vía (transectos longitudinales usados para el experimento en líneas de color rojo).

la carretera NPF-Tivacuno. Tanto para el estudio de los parámetros físico-químicos, como para el estudio de la comunidad de escarabajos peloteros se ubicaron tres líneas o transectos longitudinales (en los kilómetros tres, cinco y siete); cada transecto iba desde el borde de la vía hasta un kilómetro hacia el interior del bosque (Fig. 2). Para cada uno de los transectos se establecieron puntos de muestreo ubicados a los 4, 16, 32, 75, 125, 250, 375, 500, 750 y 1000 m de la vía.

Para el estudio de los parámetros físico-químicos se analizó a lo largo del gradiente longitudinal la variación de temperatura y de humedad relativa del ambiente para lo que se utilizaron sensores de datos electrónicos; mientras que para registrar la humedad del suelo se tomaron muestras en el campo.

Para el estudio de la comunidad de peloteros se ubicaron diez trampas modelo CSS (Cebo-Suspendido-Superficie), una trampa por punto de muestreo, con “cebo copro” (excremento). Se hizo un análisis de la abundancia, riqueza, índice de Shannon y equitatividad de los escarabajos peloteros colectados en cada uno de los puntos de muestreo. Para determinar la exis-

tencia de un patrón en los gremios de escarabajos peloteros colectados a las diferentes distancias con relación a la carretera se hicieron unos gráficos del porcentaje de contribución, basados separadamente en los datos de abundancia y biomasa para detectar diferencias en el peso analítico de especies individuales hacia patrones de estructura de la comunidad, estudios previos determinan que en sitios alterados la mayor contribución viene dada por las especies pequeñas [4].

### ¿Un bajo efecto de la carretera sobre el ambiente?

Los datos abióticos (temperatura, humedad relativa y humedad del suelo) indican que existe una gran heterogeneidad en el bosque de Yasuní. Sin embargo, cabe destacar que en ninguno de los transectos longitudinales se encontró una correlación entre las tres variables ambientales y la distancia a la vía. Con relación a los datos bióticos, para sorpresa nuestra, tampoco se encontró ningún resultado que demuestre un cambio en el gremio de los escarabajos peloteros provocado por la construcción de la vía. Por ejemplo, cuando hicimos un análisis de la abundancia y la biomasa

para cada una de las especies en relación al gradiente longitudinal para los tres transectos, no encontramos una disminución en la contribución de las especies grandes (Fig. 3).

Lo primero que se podría pensar es en matar al mensajero, es decir, pensar en que los peloteros no sirven como bioindicadores; sin embargo, ha habido muchos trabajos e investigadores que han demostrado su valor, ya que los escarabajos peloteros y las aves son especialmente adecuados para evaluar y monitorear las consecuencias de los cambios de hábitat en los trópicos [2].

### ¿Cómo explicar estos resultados?

Partiendo nuevamente de la validez del uso de los peloteros como bioindicadores, es necesario mirar otras variables como son: 1) la estructura del borde, 2) la composición de la matriz y 3) principalmente el uso del suelo derivado de la apertura de la vía para poder explicar los resultados. En cuanto a la estructura del borde, en Yasuní, al observar la estructura del bosque circundante a la carretera, hablamos de un borde cerrado de bosque continuo que es más similar al de un bosque primario y resulta que son los que tienen las distancias más

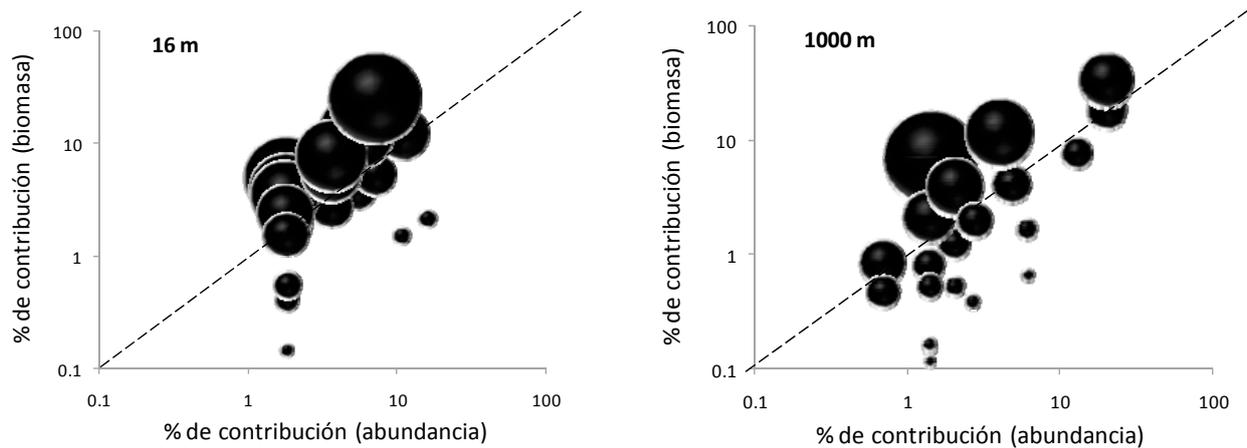


Figura 3. Porcentaje de contribución, basado en los datos de biomasa y abundancia, de las especies de escarabajos pelotereros a dos diferentes distancias a la carretera en el transecto del Km 5. Las especies están representadas por círculos negros, y su tamaño dependerá de la masa promedio del cuerpo. Ambos ejes están log-transformados. Las especies en la esquina superior derecha son las que más contribuyen al modelo. La línea diagonal entrecortada identifica la posición de las especies que contribuyen con igual peso al análisis basado en ambos conjuntos de datos.

bajas de penetración para la mayoría de las variables.

Por otra parte, estos resultados concuerdan con los obtenidos en Chiruisla en donde no se observó ningún efecto de la vía sobre el gremio de escarabajos pelotereros hasta los 100 m al interior del bosque [3]. En ambos casos encontramos como coincidencias, en lo que a composición de la matriz y uso del suelo se refiere: a) el hecho de que en los dos sitios de estudio la carretera era controlada por alguien, en los dos casos, el control es ejercido por petroleras que restringen el libre acceso y obliga a los autos a ir a menos de 40 km/h (hay control permanente de las vías y fuertes multas en caso de incumplimiento), las bajas velocidades y poco tránsito ayudan a proteger a los animales de vida silvestre [1]; b) la vía, en los dos sitios, es de lastre o tierra que por estudios previos se sabe que causa menos impacto que una vía de pavimento; c) en los dos sitios había poca actividad humana de tipo productivo y de alto impacto (en los dos casos la actividad humana está representada por los Huaorani, considerados por los antropólogos cazadores

más que agricultores), como son la agricultura a gran escala, ganadería y deforestación.

Por otra parte, el poco daño que se ha hecho al suelo podría haber permitido que en este sector de la Reserva Yasuní (Fig. 1), haya existido una regeneración del gremio de escarabajos pelotereros que ya ha sido reportada en la Amazonia en otras ocasiones. Gracias principalmente a la alta conectividad del paisaje, que facilita el movimiento de los animales y el flujo ecológico, que como se sabe permite que muchos organismos multi-hábitat regularmente se muevan a través del paisaje hacia diferentes tipos de hábitats para cubrir sus necesidades durante y hasta su tiempo de vida y repoblar áreas que han sufrido declinación de la población local y extinciones [1].

Este estudio indica una situación particular para un sitio específico del bosque de la Reserva Yasuní: en este caso, las comunidades de escarabajos pelotereros no se han visto muy afectados; sin embargo, la construcción de una carretera tiene efectos secundarios como el asentamiento y crecimiento poblacional humano, lo cual genera, en

muchos casos, deforestación, establecimiento de chacras de cultivos, destrucción de hábitats. Habrá que seguir estudiando muy atentamente los efectos de borde que se produzcan en la flora y fauna del Parque Nacional Yasuní.

#### LITERATURA CITADA

- 1 Forman R., et al. 2003. Road ecology: science and solutions. Island Press, Washington, USA.
- 2 Gardner, T., et al. 2008. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecology Letters* 11: 139–150.
- 3 Carpio, C., et al. 2009. Short term response of dung beetle communities to disturbance by road construction in the Ecuadorian Amazon. *Annales de la Société Entomologique de France* 45(4): 455-469.
- 4 Radtke M., et al. 2008. Forest fragments size effects on dung beetle communities?. *Biological conservation* 141: 613-614.



# El comportamiento de la Gaviota Andina comparado con otras especies de gaviotas

■ Por Tjitte de Vries  
(tdevries@puce.edu.ec)

“Como profesor, considero que debo transmitir a los jóvenes lectores mi experiencia de que tales períodos de observación exploratoria e intuitiva son de un valor inmenso para todos los etólogos principiantes”.

Niko Tinbergen, 1959

Pocos estudios de etología, es decir observaciones sobre el comportamiento o conducta de los animales, existen en Ecuador. Snow y Snow (1982) son los pioneros con la investigación “Comportamiento de la Gaviota Blanca de las Galápagos” (originalmente publicada en la revista *Cóndor* en 1968). Este trabajo sigue la metodología elaborada por Tinbergen en 1959 en “Comparative Studies of the behaviour of gulls (Laridae - a progress report” traducido a español en 1975 como “Estudios comparativos de la conducta de las gaviotas, Laridae”.

Por algunos años he incentivado a los estudiantes del “Curso de Técnicas de Biología de Campo” a observar con el máximo detalle el comportamiento de la Gaviota Andina (*Larus -Chroicocephalus- serranus*); por ejemplo, fijarse en la posición del cuerpo (erguido o echado), la posición de la cabeza (con la capucha negra llamativamente de frente visible o escondida para atrás para que su compañero/a solamente vea la parte blanca).

La gaviota quiere expresar con estas diferentes posiciones un mensaje de entendimiento a su adversario o a su pareja. Podemos analizarlas, observando el comportamiento en su contexto y llegar a

una interpretación.

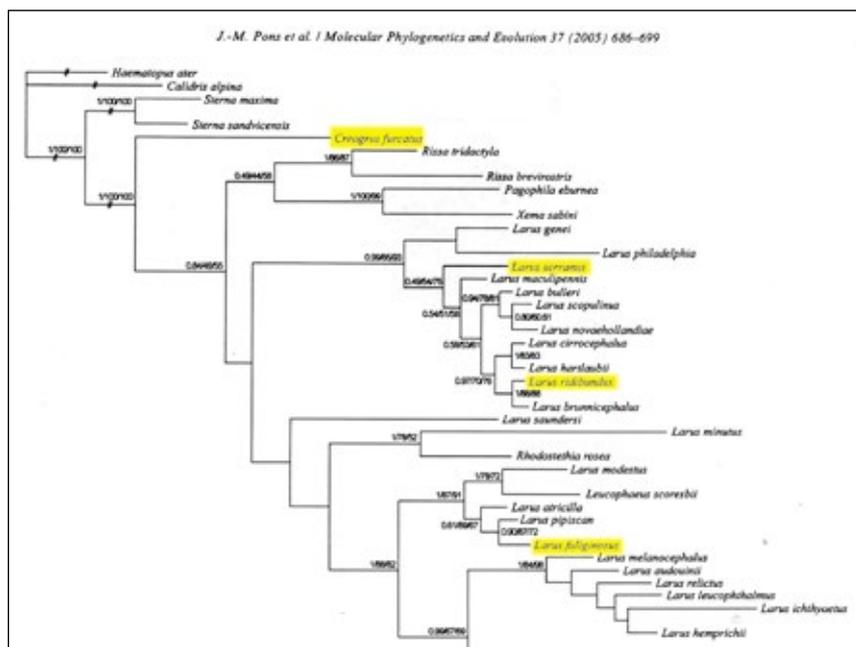
En el Ecuador las gaviotas están representadas por 12 especies: 4 residentes distribuidas así: 1 en la costa, 1 en la sierra y 2 en Galápagos; 5 migrantes del Norte y 3 migrantes del Sur (Haase, 2011). A nivel mundial hay 53 especies. La mayor distribución de las gaviotas está en la zona temperada con una amplia especiación en el Norte en la época de las glaciaciones. Son aves marinas relacionadas con la costa y estuarios y cuerpos de agua dulce tierra adentro.

Las dos especies endémicas de Galápagos son especies atípicas en su familia. Las costas de Galápagos

de lava tienen poco que ofrecer, la Gaviota Blanca, *Creagus furcatus*, busca su alimento en el océano en la noche; mientras que la Gaviota de Lava, *Larus fuliginosus*, es carroñera de la costa y come huevos y pichones de otras aves marinas.

*Larus serranus* se encuentra en los páramos y en el altiplano de los Andes; en el Ecuador, generalmente, tiene su hábitat en los alrededores de las lagunas Limpiopungo (Cotopaxi) y en el páramo de Colta (Chimborazo) anidando en colonias.

Pons et al. (2005) nos presenta la filogenia (la relación genética) de las gaviotas, y es interesante notar que



Por Pablo Sánchez

Figura 1. Modificado, indicando en amarillo las especies mencionadas en el texto.

*Larus serranus* está cercana a *Larus maculipennis* de la Patagonia, pero también a *Larus ridibundus* de Europa y Asia, a *Larus brunnicephalus* de Tibet y a *Larus cirrocephalus*, que es una especie de América del Sur y de África del Sur, un residente de la costa del Ecuador (Fig. 1).

La apariencia de *L. maculipennis* y *L. ridibundus* es tan igual que ornitólogos como Laubmann y Hellmayr lo consideraron como la misma especie (Voous, 1960).

Concentrándonos en cuatro especies es notable mencionar que comparando los comportamientos de la Gaviota Andina y la Gaviota Reidora, *Larus ridibundus*, ellas viven en áreas de humedales (anidando a filos de lagos en pajonales) y comen principalmente invertebrados. El ambiente de las 2 especies de gaviotas en Galápagos es distinto.

La serie de dibujos de *Creagus furcatus* hechas por Snow nos familiariza con algunas posiciones y expresiones como “traqueteo y silbido” y un “jalón hacia arriba” (Fig. 2).

La serie de cuatro fotografías tomadas el 20 de febrero de 2011 en la laguna de Limpiopungo forman una parte de la secuencia durante dos minutos (14h34-14h36) del comportamiento del refuerzo del vínculo de pareja con “el Choking” (14:34) y la regurgitación (14:35), y la cabeza lateral antes de partir (-14:35); mientras una de las parejas (¿la hembra?) se queda en el sitio (¿su futuro nido?) (Fig. 3a).

Tinbergen (1975) nos aclara: “Todos estos hechos combinados hacen probable que el “Choking” sea realmente una combinación de dos movimientos. El movimiento primario, taxonómicamente extendido, es inclinarse sobre el lugar del nido. Esto es muy similar a lo que hacen

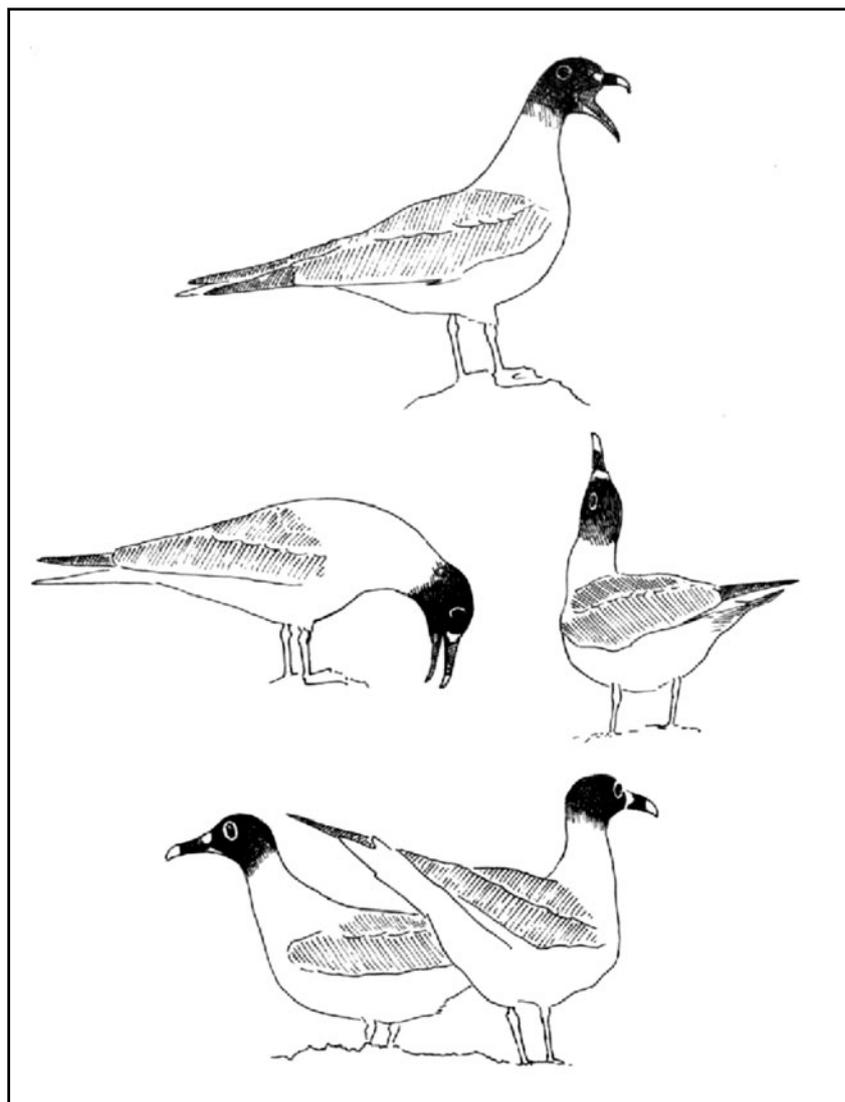


Figura 2. Una serie de dibujos con diferentes posiciones de *Creagus furcatus*.



Figura 3a. Comportamiento de “Choking” y Regurgitación en un sitio del futuro nido (Snow, 1982).



Figura 3b. Comportamiento de “Choking” en el nido con dos huevos.

todos estos pájaros antes de establecerse sobre los huevos y de removerlos. Por lo tanto, es muy probable que sea un movimiento de incubación que aparece bastante antes de que pongan los huevos. Esta conclusión está apoyada por el hecho de que la postura se facilita por la presencia del nido o excavación”.

Este comportamiento del “choking” se observó también en un nido con 2 huevos el 3 de abril de 2011 (Fig. 3b), durante cuatro minutos (13:26-13:30), con el comportamiento sumiso (13:28), virar la cabeza (13:28) y el “choking” de ambos individuos (13:28 y 13:29). El “choking” de todas las especies llevan el mensaje: no atacar, si es atacado se defenderá (Tinbergen, 1975).

Van Rhyen (2005) nos presenta una secuencia sincronizada de posturas en *Larus ridibundus* que termina en la postura “looking away” (virar la cara) (Fig. 4).

Burger y Gochfeld (1996) mencionan que “cuando un intruso se acerca a la colonia de gaviotas de *Larus serranus* que están anidan-

do, ellas no defienden el área y no gritan; más bien se van en silencio, como una estrategia antidepredadores, para que no localicen el sitio de huevos o pichones” (haciendo referencia a un paisaje abierto en el Altiplano de Perú).

Esto no es verdad para la colonia en Limpiopungo. La foto con la gaviota gritando, muy alarmada, fue tomada cuando un estudiante se acercó a la colonia.

El comportamiento observado el 3 de marzo de 2011 en Limpiopungo cuando un adulto (¿el macho?) se acerca al nido (con 2 huevos) con la cabeza inclinada con pico arriba con la respectiva respuesta de la

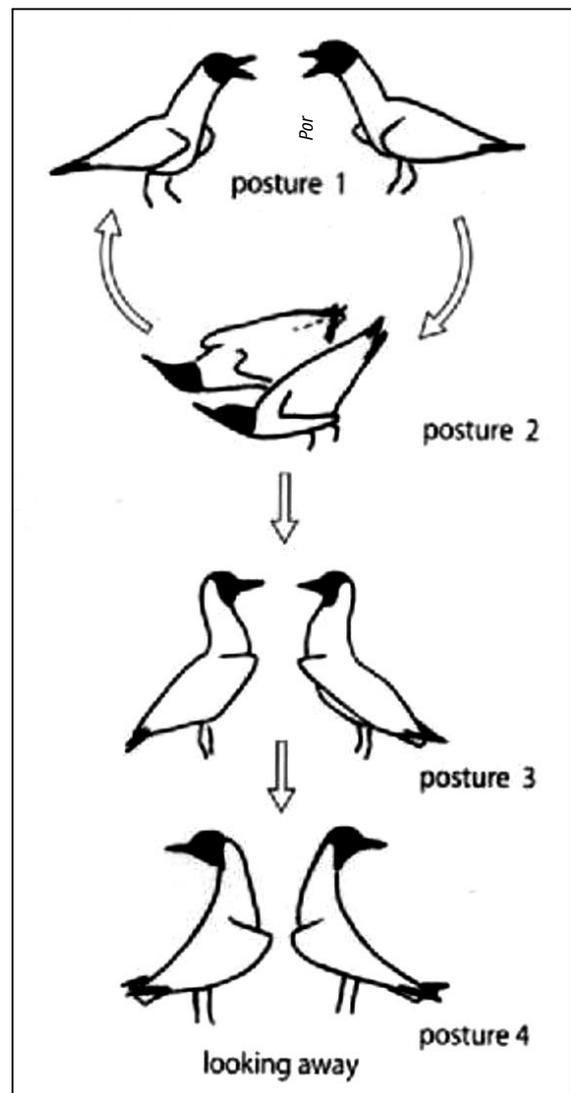


Figura 4a. Secuencia sincronizada del comportamiento de *Larus ridibundus*, terminando en la posición “virar la cara”.

Tomado de Van Rhyn, 2005



Figura 4b. Demostrando la posición "virar la cara" como en la postura 4 de la figura 4a, en una fotografía de Jan van de Kam.

adulta (¿hembra?) en el nido parece un comportamiento sumiso (y/o de aceptación) (Fig. 5). Es interesante notar que la posición de la cabeza de *Larus fuliginosus* es muy similar en una situación también sumisa, siendo *Larus fuliginosus* filogenéticamente muy distinta de *Larus serranus* (Fig. 1); hay diferencia en el "jalón hacia arriba" en *Creagrurus furcatus*, con el cuello más alargado verticalmente (Fig. 2).

Por Tjitte de Vries



Por Tjitte de Vries



Figura 5. *Larus serranus* en posición sumisa, con el pico hacia arriba. El macho acercándose a la hembra en el nido; seguido por el comportamiento (5b) en donde el macho muestra su capucha negra con el pico hacia adelante y la hembra mete el pico bajo su ala (Limpiopungo, 3 de marzo 2011, 13:26).

Por Tjitte de Vries



Figura 6. *Larus fuliginosus* en posición sumisa. Isla Genovesa, Galápagos.

Por María José Salazar



Figura 7. *Larus serranus* con el grito de alarma.

Por Christian Andrade



Figura 8. Diferencias en plumajes entre adulto con plumaje de reproducción (capucha negra) y un adulto con plumaje de no reproducción o juvenil (punto negro atrás del ojo solamente).

Por Rafael Navárez



Figura 9. Gaviotas en el área de la ovejería en el páramo del Antisana.

Por Diego Quiroa



Figura 10. Gaviotas dentro de la colonia, adulto con dos huevos en el nido y una pareja al lado.

En la familia Laridae algunos comportamientos son muy básicos y por ende es importante analizar con más detalle los diferentes comportamientos de la Gaviota Andina para saber que el aislamiento en los páramos ha originado cambios del patrón de sus especies más cercanas.

Iniciamos con una frase de Niko Tinbergen; finalizamos con una de Edward Wilson: “Lo que cuenta en la formación de un naturalista es la experiencia personal, más que el aprendizaje sistemático. Por esto, más vale ser durante algún tiempo un salvaje autodidacto (‘an untutored savage’) que no sabe los nombres

ni los detalles anatómicos. Más vale pasarse largos ratos sin hacer otra cosa que buscar y soñar”.

Entonces, debemos continuar yendo con nuestros naturalistas-estudiantes por más tiempo a Limpio-pungo, para seguir soñando y buscando muchos elementos que nos permitan entender el “lenguaje” de las gaviotas.

Cabe mencionar que el trabajo sobre el origen evolutivo del lenguaje humano taxonómicamente se enfrenta con una situación muy parecida e intenta llegar a conclusiones esencialmente de la misma manera que el científico que estudia el comportamiento comparado (Thieme, 1958).

### Literatura citada

- Pons, J.M., A. Hassani, P.A. Crochet. 2005. Phylogenetic relationships within the Laridae (Charadriiformes:Aves) inferred from mitochondrial markers. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 37:686-699.
- Van Rhijn, J.G. 2005. Honesty pays, mostly, what gulls really tell each other. pp. 168-173 en: Drent, R. *et al.* (eds.). *Seeking Nature’s Limits, ecologists in the field.* KNNV-Publishing, Utrecht, the Netherlands.
- Snow, B.K. y D.W. Snow, 1982. Comportamiento de la Gaviota Blanca de las Galápagos. pp. 297-315 en: *Compendio de Ciencia en Galápagos.* Estación Científica Charles Darwin, Galápagos.
- Thieme, P. 1958. The Indo-European Language, *Scientific American.* 109: 63-78.
- Tinbergen, N. 1975. (1959). Estudios comparativos de la conducta de las gaviotas (Laridae). pp. 24-101 en: *Estudios de Etología.* Alianza Editorial, Madrid.
- Voous, K.H. 1960. *Atlas van de Europese Vogels.* Elsevier, Amsterdam.
- Wilson, E.O. 1995. *El Naturalista.* Editorial Debate, S.A., Madrid.



# Los anolis cornudos de Mindo: un encuentro con lo bizarro

■ Por Omar Torres-C.  
(lotorres@puce.edu.ec)

**E**ran las 6:00 h del 22 de julio de 2010; un helado amanecer en Mindo, provincia de Pichincha. El equipo liderado por los doctores Jonathan Losos de la Universidad de Harvard y Anthony Herrell del Museo Nacional de Historia Natural de París

regresaba a las afueras de la hostería Mindo Garden para intentar encontrarla nuevamente. Todos los integrantes del equipo, incluyendo alumnos de Biología de la PUCE y personal del Museo de Zoología QCAZ, estaban ansiosos por verla y con suerte descubrir qué es lo que hace después de despertarse. La noche anterior, con ayuda de poderosas

linternas de ciclismo, la habían hallado dormida sobre una ramita en aquel mismo árbol, al cual marcaron con una cinta para poder ubicarla a la madrugada siguiente. Los minutos pasaban y, pese a las precauciones de la noche anterior, no lograban encontrarla. La ansiedad aumentaba, al fin y al cabo para Losos y sus estudiantes ella representaba la ra-



Por Santiago Ron

Macho (izquierda) y hembra (derecha) de la lagartija cornuda de Mindo, *Anolis proboscis*. Por la forma del cuerpo esta especie se parece a especies de anolis del Caribe que también viven sobre pequeñas ramas.



Acercamiento de la cabeza del macho (izquierda) y hembra (derecha) de la lagartija cornuda de Mindo, *Anolis proboscis*. El “cuerno” o proboscis del macho puede haber evolucionado por selección sexual.

zón principal de su viaje a Ecuador. Finalmente y lleno de euforia, uno de los integrantes del equipo bajó sus binoculares y susurró con emoción: “¡ahí está!”. Con mucho tino para no asustarla armaron rápidamente trípodes con cámaras de video, que apuntaron unos cinco metros hacia arriba hasta enfocarla. Era la primera vez que alguien filmaba a aquel animal tan bizarro. Era la primera vez que alguien intentaba descubrir algo sobre la historia natural de la lagartija cornuda de Mindo, *Anolis proboscis*. El Dr. Losos ha dedicado su vida al estudio de la ecología y evolución de las especies de *Anolis* del Caribe y ha publicado numerosos artículos científicos y libros que han contribuido para que estas lagartijas se conviertan en una de las radiaciones adaptativas de animales más diversas y mejor estudiadas del mundo, similar a los pinzones de Darwin de las Galápagos, o los peces de los lagos del Gran Valle del Rift en África. Desde el año 2009, el Dr. Losos ha visitado el Ecuador dos veces, pues también está interesado en estudiar a las lagartijas del continente, y ha escogido a nuestro país como uno de sus sitios de estudio principales.

Con 37 especies en Ecuador y cerca de 400 en el mundo, los anolis (lagartijas del género *Anolis*) representan el grupo de vertebrados

amniotos más diverso del planeta. El rango de distribución de estos iguánidos abarca gran parte de Sudamérica, toda Centroamérica y el Caribe, y la zona sur de Norteamérica. Estos reptiles americanos son generalmente delgados y esbeltos, de hábitos principalmente arborícolas, y sus especies varían enormemente en color, tamaño y forma. Los anolis poseen dos características que los distinguen de las demás lagartijas. En primer lugar, sus dedos poseen escamas ensanchadas a manera de almohadillas, que gracias a su estructura microscópica les proveen de cierta adherencia para poder trepar a los árboles fácilmente. En segundo lugar, los machos (a veces también las hembras) tienen una extensión de piel bajo la garganta llamada pliegue gular, que pueden estirar para desplegar patrones y colores, muchas veces muy llamativos, que les permiten comunicarse visualmente para defender su territorio o para atraer a una pareja en época de reproducción.

Pero no son las almohadillas digitales ni el saco gular lo que llama la atención en los anolis cornudos de Mindo. Lo que distingue a esta especie de la mayor parte de especies de lagartijas del planeta es un bizarro apéndice que se proyecta desde su hocico, de ahí su nombre científi-

co *Anolis proboscis* (una proboscis es un apéndice que se proyecta desde la cabeza de un animal). Esta característica es compartida por pocas especies de lagartijas en el mundo, entre ellas las lagartijas cornudas de Sri Lanka (*Ceratophora*) y dos especies de anolis de Perú y Brasil. *Anolis proboscis* fue descrita en 1956 y se creía extinta o muy rara hasta hace poco, pues solamente se conocían seis especímenes, todos machos, el último colectado en 1966. Pasaron casi 40 años hasta que esta especie fue redescubierta y se supo, entre otras cosas, que las hembras carecen de la proboscis tan llamativa de los machos. Por otro lado, gracias a visitas recientes de científicos expertos en anolis, como el Dr. Poe de la Universidad de Nueva México y el Dr. Losos de Harvard, se descubrió que *A. proboscis* no es una especie tan rara como se pensaba. El problema todos estos años no era la falta de anolis cornudos en Mindo, sino la falta de experiencia en encontrar animales tan crípticos que además suelen posarse sobre pequeñas ramitas a varios metros sobre el suelo. Para encontrar individuos de esta especie se requieren binoculares durante el día, linternas de alto poder durante la noche y la paciencia necesaria para dedicar una media hora de búsqueda en cada árbol. No lla-



Investigadores observando lagartijas cornudas de Mindo en uno de sus hábitats preferidos: el borde de un camino. De izquierda a derecha: Eric Schaad, Fernando Ayala, Andrea Rodríguez y Melissa Woolley.

ma la atención entonces que hayan sido justamente turistas observadores de aves quienes redescubrieron a los anolis cornudos de Mindo por primera vez en el año 2005.

Pese a que estas lagartijas no resultaron ser tan raras como parecían, casi nada se conocía acerca de su historia natural. Buscando obtener datos sobre la ecología y comportamiento de esta especie de lagartija tan bizarra, Jonathan Losos y su equipo permanecieron observando, filmando y tomando datos de *Anolis proboscis* durante los últimos días del mes de julio de 2010. Entre otras cosas descubrieron que se trata de una especie críptica de movimientos muy lentos, que normalmente pasa su vida en vegetación densa sobre ramitas de aproximadamente un centímetro de diámetro a cinco o más metros del suelo, curiosamente prefiriendo lugares alterados como el borde de los caminos. Su morfología de patas cortas, cola corta y cabeza delgada es similar a la de aquellas especies del Caribe que también habitan en ramitas de árboles. La dieta de esta especie se compone principalmente

de orugas, coleópteros, hemípteros, dípteros e himenópteros.

### El enigma del “cuerno”

La proboscis de los machos de los anolis cornudos de Mindo es prácticamente la única característica morfológica que los distingue de las hembras de su especie. Estas diferencias morfológicas entre sexos (dimorfismo sexual) pueden evolucionar por demandas funcionales distintas entre sexos, para facilitar la repartición de nichos entre sexos, o como resultado de la selección sexual. ¿Cuál de estas tres razones explica la evolución de la proboscis o “cuerno” en los machos de *Anolis proboscis*? Según Losos y sus colaboradores, el “cuerno” habría evolucionado como resultado de selección sexual. Una opción podría ser que los machos con proboscis más grandes dominan a aquellos con proboscis más pequeñas. Otra opción, que no excluye a la anterior, sería que las hembras prefieren aparearse con los machos de proboscis grandes. Este concepto de la lucha entre los machos para aparearse con las hembras (selección sexual) fue introducido por Charles

Darwin en su clásico *El origen de las especies* y constituye un fenómeno ampliamente documentado en el reino animal. Lo cierto es que la función de la proboscis en los machos de los anolis cornudos de Mindo es algo todavía desconocido que requiere de estudios más detallados. Mientras tanto, el “cuerno” de *Anolis proboscis* continuará siendo un enigma.

### Literatura consultada

- Almendáriz, A. y C. Vogt. 2007. *Anolis proboscis* (Sauria: Polychrotidae), una lagartija rara pero no extinta. *Politécnica 27* (Biología series 7):157-159.
- Losos, J. B. 2009. *Lizards in an Evolutionary Tree: Ecology and Adaptive Radiation of Anoles*. University of California Press: Berkeley, CA.
- Losos, J. B., M. L. Woolley, D. L. Mahler, O. Torres-Carvajal, K. E. Crandell, E. W. Schaad, A. E. Narváez, F. Ayala-Varela y A. Herrel. 2012. Notes on the Natural History of the Little Known Ecuadorian Horned Anole, *Anolis proboscis*. *Breviora*. En prensa.
- Peters, J. A. y G. V. Orcés. 1956. A third leaf-nosed species of the lizard genus *Anolis* from South America. *Breviora* 62:1-8.
- Poe, S., F. Ayala, I. M. Latella, T. L. Kennedy, J. A. Christensen, L. N. Gray, N. J. Blea, B. M. Armijo y E. W. Schaad. 2012. Morphology, phylogeny, and behavior of *Anolis proboscis*. *Breviora*. En prensa.
- Torres-Carvajal, O. 2011. Lista actualizada de las lagartijas de Ecuador con comentarios acerca de su diversidad. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas* 32:119-133.
- Yáñez-Muñoz, M. H., M. A., Urgilés, M. Altamirano y S. R. Cáceres. 2010. Redescubrimiento de *Anolis proboscis* Peters & Orcés (Reptilia: Polychrotidae), con el descubrimiento de las hembras de la especie y comentarios sobre su distribución y taxonomía. *Avances en Ciencias e Ingenierías* 2:B7-B15.



Arbolado de la Av. Antonio Granda Centeno (*Ligustrum vulgare*)

Por María del Carmen Matovelle

# Importancia del arbolado urbano en el Distrito Metropolitano de Quito

■ Por María del Carmen Matovelle  
(maria.matovelle@epmmop.gob.ec)

## Introducción

La planificación y manejo de los espacios arbolados en las áreas urbanas necesitan de atención técnica y planificada con el propósito de cumplir con los aspectos del bienestar ambiental y social que estas áreas verdes generan. En el paisaje urbano, los árboles pueden jugar un rol importante ya que proveen de servicios ecosistémicos como la reducción del ruido y la contaminación del aire, el incremento estético, la mejora de la calidad del aire y el agua, además de proporcionar refugio para la vida silvestre y revalorizar el valor de la propiedad.

Es importante considerar que el arbolado urbano tiene un comportamiento diferente de acuerdo a su localización. No es lo mismo aquel árbol de alineación (de redes viales, aceras o parterres) que aquel que se ubica en los parques, o que en conjunto forman masas forestales, por

lo que las necesidades son muy distintas y, por tanto, las estrategias de gestión son diferentes. Por ejemplo, las condiciones en que los árboles de alineación crecen son complejas, puesto que deben compartir el espacio con el resto de elementos propios de la ciudad como son las edificaciones, cableado aéreo y subterráneo, tráfico, etc., por lo que requieren de una mayor vigilancia y cuidados más frecuentes y precisos.

Por mucha aceptación popular que tenga, el arbolado urbano también puede presentar algunos inconvenientes. Una persona puede encontrarse con que algunos árboles impiden que la luz del sol llegue a su casa o apartamento; el hecho de barrer las hojas caídas para evitar problemas en calles y aceras o los grandes parques y bosques de las ciudades pueden ofrecer un medio favorable a actividades delictivas y deben ser objeto de un estricto control si se desea que desempeñen sus funciones de esparcimiento. Por estas y muchas otras razones, el man-

tenimiento de una población sana y provechosa de árboles en una zona urbana entraña un sinnúmero de aspectos que se debe considerar.

## Aspectos importantes para la selección de especies forestales urbanas

Según CALDAS 1979 (Programa de arborización de Bogotá, 1998), las especies que se seleccionen para arborización urbana, deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Crecimiento medio: pues los árboles de crecimiento rápido decaen igualmente pronto.
- Talla proporcional: al ancho de la vía y a la altura de las edificaciones vecinas, dando unidad y armonía al conjunto.
- Simetría y regularidad en el sistema estructural, y altura conveniente de las primeras ramas.
- Sistema radicular: razonable, de tal modo que no ocasionen daños en pavimentos, cimientos y redes subterráneas.

- Permanencia del follaje: en los climas tropicales cálidos conviene usar especies de follaje perenne.
- Forma de la copa y área de sombra proyectada que se adecúe a los factores de temperatura y brisas, amplitud de la zona verde, etc.
- Facilidad de limpieza y mantenimiento, de manera que las hojas o flores pesadas al caer y descomponerse no dejen el sitio sucio y resbaloso.
- Resistencia al ataque de plagas y enfermedades.

### El arbolado en la ciudad de Quito

No existen datos actualizados sobre el número de árboles que están sembrados en las redes viales de Quito; sin embargo, en un reporte de la FAO (1998) sobre silvicultura en la ciudad se establece que en el año 1990 el porcentaje de arborización en los parterres y veredas principales y residenciales (con un total de 549 km) era de aproximadamente el 55% con 13 276 árboles sembrados. El mismo estudio anota también que el déficit estimado de árboles en el núcleo urbano de Quito para el año 2000, incluyendo los espacios verdes públicos, propiedades privadas y zonas ecológicas sería de 704 000 árboles.

Cabe señalar, que en el Congreso Forestal Mundial celebrado en Turquía en el año de 1997, la asamblea consideró que una adecuada cobertura arbórea en áreas urbanas debe corresponder a una relación de un árbol por cada doce habitantes. Si se extrapola este factor a Quito, con una población de 2 239 191 (INEC, 2010) le correspondería alrededor de 187 000 árboles; sin embargo, el indicador árboles/habitante debe ser analizado y ajustado en cada localidad a partir de las condiciones ambientales de cada ciudad, donde los parámetros de contaminación,

brillo solar, régimen de lluvias, así como la cercanía a zonas rurales son específicas.

En el caso de la ciudad de Bogotá, por ejemplo, se determinó que la proporción actual de árboles por habitantes es de 0.16, equivalente a 6 habitantes por cada árbol, mientras que Madrid, una de las ciudades del mundo con más árboles en sus calles, posee casi 300 000 ejemplares formando una gran trama verde por toda la ciudad que permite interconectar a través del viario público los parques, jardines y zonas verdes. Otras normas internacionales como la de la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda 9m<sup>2</sup> de áreas verdes por habitante, mientras que la ONU 16m<sup>2</sup>.

### Diversidad arbórea en Quito

Un estudio más reciente sobre El bosque urbano de Quito y sus implicaciones en la hidrología (McBride, 2005), aporta con otros datos interesantes. Por ejemplo, se reporta que las cinco especies más comunes en calles y bulevares de Quito son: *Acacia melanoxylon*, *Populus x canadensis*, *Sambucus nigra*, *Acacia dealbata*, *Populus alba*, todas ellas exóticas, y que el porcentaje de cobertura de dosel en la ciudad es del 6.6%, mientras que a ciudades como Buenos Aires y Brasilia les corresponde el 8.3% y el 19.4%, respectivamente.

En cuanto al reporte de la FAO (1998), se menciona también que la diversidad de especies arbóreas es mayor en los parques que en las calles, y que de la misma manera que los árboles de la red vial, la distribución de especies está dominada por ornamentales exóticas, con algunos intentos por aumentar la proporción de especies nativas.

Actualmente, los cuatro viveros municipales: Cununyacu, La Armenia, Caupichu y Las Cuadras destinan su producción a la reposición,



Vivero de Caupichu (Guamaní). Invernadero.

Por María del Carmen Matovelle



Vivero de Cununyacu (Tumbaco). Plantabandas.

Por María del Carmen Matovelle



Vivero La Armenia (Los Chillos). Área de propagación.

Por María del Carmen Matovelle



Vivero Las Cuadras (Quitumbe). Germinador.

Por María del Carmen Matovelle

ajardinamiento y arborización urbana y periurbana de quebradas, parques, redes viales, frentes públicos, jardines y espacios de recreación de escuelas públicas e instituciones del Estado, ya sea a través de la administración directa de la Unidad de Espacio Público de la EPMMOP (Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas de Quito) o bien, a través de las Administraciones Zonales del Municipio (Eugenio Espejo, Calderón, La Delicia, Manuela Sáenz, Quitumbe, Eloy Alfaro, Los Chillos y Tumbaco).

Las especies nativas más propagadas en estos viveros son el yalomán (*Delostoma integrifolium*), seguida del jacarandá (*Jacaranda* spp), guabo (*Inga insignis*), pumamaqui (*Oreopanax ecuadorensis*) y arupo (*Chionanthus pubescens*).

Adicionalmente, según el Informe de Existencias de árboles y arbustos 2011 que maneja la Unidad de Recursos Naturales de la Gerencia de Espacio Público, existe un total de 126 866 plántulas correspondientes a especies arbóreas nativas; y adicionalmente existen 127 590 especies de árboles exóticos, por lo que la proporción en la producción entre especies silvestres e introducidas es prácticamente del 50:50.

Cabe señalar, que la producción de especies nativas maderables urbanas en el año 1998 se reducía a 8 especies, en la actualidad este número aumenta a 38.

### Conclusiones y recomendaciones

Si bien en los últimos años se han realizado esfuerzos por fomentar el uso de especies forestales nativas, es necesario también contar con estudios sobre valoración de crecimiento, comportamiento y adaptabilidad de estas especies en el ambiente urbano. En este aspecto es importante resaltar que la vegetación arbórea debe obedecer a criterios estéticos y paisajísticos, para de

esta forma mantener la identidad social y cultural de la ciudad, además de los aspectos espaciales como el adecuado emplazamiento del árbol, calidad del sitio y mantenimiento, que logre aminorar los riesgos de afectación futura al equipamiento urbano, redes de servicios públicos, etc., y adicionalmente el suministro de los beneficios ambientales, de regulación, y mitigación de la contaminación.

Por otro lado, es necesario diversificar las especies nativas aumentando la producción de aquellas que se han desarrollado bien en las condiciones urbanas de Quito e introduciendo nuevas especies que puedan aportar nuevas características al entorno urbano. En este punto, se hace indispensable un trabajo coordinado entre viveros públicos y privados para compartir recursos y maximizar los esfuerzos por conservar el recurso flora y mantener la diversidad biológica en la ciudad.

Adicionalmente, la vegetación urbana en los espacios públicos se vería grandemente beneficiada si se contara con un sistema actualizado de manejo de información. Se debe incorporar aspectos sobre el número de árboles producidos versus áreas que potencialmente puedan ser cubiertas por vegetación arbórea; y en general, la información debería abarcar cualquier aspecto del ecosistema forestal urbano.

Es importante, además, que exista un soporte legal y administrativo. Por tanto, es necesario contar con ordenanzas y leyes que promuevan la adecuada arborización como también fomenten el uso de especies silvestres en las áreas verdes públicas y privadas. El Municipio de Quito debe fortalecer su apoyo, económico y político para concretar y realizar acciones que permitan mejorar el ecosistema de la ciudad.

Y por último, educar a la ciudadanía será la clave para mantener la

flora en buenas condiciones. Dar a conocer la importancia del árbol urbano e involucrar a la comunidad en cualquier proyecto de planificación y diseño será un factor indispensable para conseguir que los ciudadanos respeten, cuiden y protejan su entorno para conseguir, en especial, un ambiente más humano.

### Literatura consultada

Informe de Existencias de árboles y arbustos, 2011. Unidad de Recursos Naturales de la Gerencia de Espacio Público, EPMMOP, Quito.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC, 2010. [http://www.inec.gov.ec/cpv/?TB\\_iframe=true&height=450&width=800%20rel=slbox](http://www.inec.gov.ec/cpv/?TB_iframe=true&height=450&width=800%20rel=slbox)

James, P. 2010. Urban Flora: Historic, contemporary and future trends. En: Urban Biodiversity and Design. Part: History and Development of Urban Biodiversity (N. Müller, Werner & Kelsey) pp. 177-190. Blackwell Publishing Ltd. Salford, UK.

Los bosques urbanos de Quito y sus implicaciones para la hidrología urbana. McBride, J., 2005. Disponible en: [http://www.emaapq.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=161:presentaciones-de-los-expositores&catid=185:home-foro](http://www.emaapq.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=161:presentaciones-de-los-expositores&catid=185:home-foro)

Programa de arborización de Bogotá. 1998. Disponible en: <http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/silvicultura/12.pdf>

Proyecto de Acuerdo n.º 138, "Por medio del cual se dictan lineamientos para ampliar la cobertura arbórea en parques y zonas verdes de equipamientos urbanos públicos". 2009. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=35629>

Silvicultura urbana y periurbana en Quito, Ecuador: estudio de caso. 1998. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/W7445S/W7445S00.htm>



# ¿De qué sirve la ciencia en el Yasuní?

■ Por Pablo Jarrín-V.  
(psjarrin@puce.edu.ec)



Por Anne Laure Allegre y Nicolas Quendez. L'Abre a Noix (<http://l-abre-a-noix.org/>)

La labor de los científicos es generar conocimiento, no respuestas a problemas sociales. Cuando son fondos públicos los que sostienen una investigación, el científico está obligado a responder a la sociedad sobre los resultados de su trabajo.

**H**ace poco, el Ministerio de Ambiente del Ecuador publicó el Plan de Manejo del Parque Nacional Yasuní. Un trabajo corto, y por corto, legible con agrado. Sin embargo, este documento identifica como un problema el hecho de que «La investigación científica no se orienta a resolver las necesidades

de manejo del PNY». En realidad, y para ser también corto y preciso, la investigación científica se debe a los intereses que la financian. Los mayores motores de la economía científica generan su energía no en el Ecuador, sino en el exterior. La Dra. Kim Hoke, de la Universidad de Colorado en los EEUU, permaneció más de un año con su equipo de investigación en la Estación Científica Yasuní. Hoke persigue el

secreto de los mecanismos que hacen que una especie de rana se convierta en dos. Esto requiere el estudio del comportamiento físico (p. ej., la cuantificación de las frecuencias de comportamientos asociados a la reproducción), los cantos (p. ej., la cuantificación de sonogramas y longitudes de onda) y el cerebro (p. ej., la cuantificación de la frecuencia e intensidad con que ciertas regiones del cerebro se activan eléc-

tricamente al percibir cantos reproductivos). Todo esto lo hizo la Dra. Hoke, quien regresó a los EEUU con valiosa información la cual nos mantenemos a la espera de que sea publicada en los canales usuales de la ciencia. ¿De qué sirve la investigación de la Dra. Hoke? Para entender cómo se crean las especies y por lo tanto para entender por qué tenemos cerca de 139 especies de anfibios en el Yasuní y no dos, cuatro o dieciséis. Aunque no solo para eso, se puede decir que el estudio de Hoke hurga en los secretos íntimos de la creación. En el estudio de Hoke podemos presenciar el origen de las especies, sin necesidad de más creencias que las de Darwin (selección natural), Fisher (frecuencias estadísticas) y Maxwell (electromagnetismo). Darwin para saber que no necesitamos de un creador para crear especies, Fisher para entender que no existen verdades absolutas, solo aproximaciones probabilísticas a una única e inalcanzable verdad y Maxwell para entender que nuestra conducta social es el rápido disparo de energía electromagnética impulsada por diferenciales de micro voltaje en nuestros cerebros.

La Dra. Kim Hoke estudia la evolución y especiación de los sapos en el Yasuní. ¿Es eso importante para la conservación del Yasuní? Según la National Science Foundation en los EEUU, el estudio de la Dra. Hoke es importante y por eso lo financió con dineros públicos. La Dra. Hoke no se llevó nada más que una libreta de datos o unos cuantos megabytes en forma de matrices analíticas y videos. Pero al gobierno de los EEUU le interesa esa información porque sabe que toda forma de conocimiento técnico es poder. Hace más de 200 años al gobierno de Inglaterra le interesaba cuantificar las riquezas naturales del mundo y financiaron

el loco y aventurado viaje del joven Charles Darwin para que colectara todo ser vivo, fósil y espécimen geológico que fuese de mínimo interés científico. Es decir, toda cosa que tuviese potencial de acrecentar conocimiento para el Imperio Inglés. Gracias a aquella aventura de juventud, décadas después, ya maduro y con una larga barba blanca, el viejo Darwin destronó de un solo manotazo la posición privilegiada del ser humano, explicando que no necesitábamos de ideas divinas y creencias sobrenaturales para entender cómo hemos llegado a estar aquí y ahora. Darwin revolucionó nuestra concepción de la realidad y lo hizo para gloria y poder del Imperio Inglés. Los frutos de Darwin pagaron cientos de miles de veces más el costo inicial de su expedición financiada con fondos públicos. Colectar por colectar rindió sus frutos doscientos años antes.

### **¿Es recolectar por recolectar importante hoy en día para el Yasuní?**

Recalco, nuevamente, que la ciencia sigue el camino marcado por la disposición de fondos públicos y es de interés público la generación de conocimiento que impulse el desarrollo de ideas, industria y tecnologías que fortalezcan el poderío económico y militar de una nación. Al finalizar la segunda guerra mundial, los posibles crímenes de Wernher von Braun (héroe Nazi) fueron olvidados a cambio de convertir a los EEUU en una potencia capaz de golpear en el corazón de los gobiernos a miles de millas de distancia utilizando misiles balísticos (los descendientes directos de los misiles V-2 alemanes). Para grandeza y poder de los EEUU, la herencia de von Braun hizo que fueran sus ciudadanos los primeros en pisar tierra lunar. El

conocimiento es poder y aquel que lo domina tiene la ventaja del dominio sobre los otros. Es por esto que la ciencia, como fuente fundamental del bienestar y economía humana, florece y se acrecienta cuando los gobiernos entienden que en ella radica el futuro del éxito.

Las necesidades de manejo del Parque Nacional Yasuní no necesitan de mucha ciencia, sino de que se apliquen las leyes a aquellos que las quebrantan. El buen manejo del Yasuní depende de que se multe y encarcele a aquellos que venden carne de monte, trafican con especies y talan madera ilegal. El apropiado manejo del Yasuní depende de que se multe y restrinja las operaciones de aquellos responsables de derrames de crudo. El manejo apropiado del Yasuní depende de que no se generen más carreteras, punto de inicio de una colonización imparable. Sobre todo, el manejo del Yasuní depende de que la inmensa población humana, en rápido crecimiento, salga de la pobreza e ignorancia en la que se halla, elevando su nivel de vida y por ende garantizando la supervivencia de la selva que se encuentra en su vecindad. La superveniencia del Yasuní depende de que dicha población humana pase rápidamente a la siguiente fase de transición demográfica para reducir el inmenso número de niños que crecerán para convertirse en una carga más para el medio ambiente. Cada niño en y alrededor del Yasuní es un depredador en potencia, un comerciante de madera, un cazador, un “deforestador” y degradador de la riqueza biológica. La etapa demográfica en que se halla inmersa dicha población es una donde la pobreza y falta de educación impulsan un crecimiento poblacional acelerado. A más gente, menos re-

cursos naturales y más destrucción del ambiente. A más cultura y nivel económico, menos destrucción del ambiente. Para esto no se necesita de más ciencia, todo esto ya ha sido estudiado y comprobado por décadas de ejemplos similares alrededor del mundo. Esta historia ya está escrita y no existe mayor cosa que investigar. En cambio, queda por aplicarse el sentido común a través del uso firme de la ley.

Mientras tanto, la ciencia debe continuar a favor del país y de los intereses estratégicos nacionales. Ciencia movilizada con fondos como aquellos que se le dieron a Darwin para que colecte todas las especies posibles sin importar las consecuencias que dicha investigación tuviese a largo plazo (p. ej., destronar al ser humano como producto privilegiado de la creación

divina). La ciencia en el Yasuní debe estar dirigida hacia las áreas biotecnológicas, hacia la exploración de lo diminuto, de las moléculas de la vida y de la maquinaria molecular que permite convertir los rayos del sol en energía, nuevos hidrocarburos artificiales. La ciencia en el Yasuní, para los ecuatorianos, debe ser aquella que estudia la maquinaria molecular que produce las bases fundamentales del alimento, vestimenta y energía industrial para la civilización humana. De organismos invisibles que convierten el plástico en materia orgánica degradable. De medicinas que curarán las enfermedades del mañana. De secretos biotecnológicos que aún no podemos ni imaginarnos. El Yasuní es una inmensa fábrica y reservorio de información genética esperando ser explorada y explota-

da. El Yasuní también nos permite trabajar con preguntas trascendentales como son los orígenes y naturaleza de las especies (evolución) y el funcionamiento planetario (ciclos de carbono, flujo de gases atmosféricos, dinámica hidrográfica y pluvial). Este conocimiento es absolutamente necesario que los ecuatorianos dominemos y monopolicemos en favor de la nación. La ciencia no tiene nada más que explicar sobre cómo salvar al Yasuní, todo está ya escrito en las leyes y en el sentido común. Pero el Yasuní tiene todo por explicar a la ciencia para que la ciencia, a su vez, impulse el poderío industrial e intelectual de nuestra nación, Ecuador.



Por Anne Laure Allégro y Nicolás Quendez. L'Abre a Noix (<http://l-abre-a-noix.org/>)

Andrea Narváez, licenciada en Ciencias Biológicas de la PUCE, lideró el proyecto sobre especiación de la doctora Kim Hoke (Universidad de Colorado), en el criadero de ranas de la Estación Científica Yasuní.

# El cambio climático, las especies y el futuro de la vida

■ Por Andrés Merino-Viteri  
(armerino@puce.edu.ec)

**E**l constante cambio de clima implica para muchas especies, incluyendo a los humanos, enfrentar retos a los cuales no se han enfrentado en el pasado con el afán de sobrevivir. Quienes habitan las ciudades, en muchos casos, se han olvidado de la importancia del clima. Mientras viajan en autos con aire acondicionado en un día caluroso, con calefacción durante un día frío, o hacen compras en un supermercado siempre surtido, cualquier cambio en el clima no parece tan fundamental para sus vidas. Por el contrario, para aquellos que siembran y cosechan, trabajan al aire libre o viven en zonas rurales, los periodos de lluvia o sequía son claves para su existencia; desgraciadamente, hoy día ya no se los puede establecer con certeza; es que el cambio climático es real.

## ¿Qué es el cambio climático?

Uno de los principales agentes de cambio en el clima es el aumento de la temperatura debido a la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Este cambio es usualmente percibido por la gente como un fenómeno reciente y perjudicial. Sin embargo, el efecto invernadero es también uno de los fenómenos naturales que ha

posibilitado el desarrollo de la vida en la Tierra. En efecto, el dióxido de carbono, uno de los principales GEI, ha formado parte de nuestra atmósfera prácticamente desde el origen del planeta. Este fenómeno implica la captura de un porcentaje de la radiación calórica que ha atravesado la atmósfera y chocado con la superficie del planeta. Este calor retenido por los GEI permite mantener la temperatura de nuestro planeta dentro de límites óptimos para que se pueda vivir. Sin este fenómeno la vida no hubiera sido posible en el pasado, ni lo sería ahora.

Debido al uso de combustibles fósiles como fuente fundamental de energía, a la destrucción y degradación de los ecosistemas naturales, a ciertas prácticas agrícolas se ha incrementado la concentración de GEI, lo cual ha causado una mayor captura de la radiación calórica del sol, produciéndose un calentamiento acelerado. Consecuencias secundarias de este aumento son, por ejemplo, cambios en los patrones de lluvia, una acelerada reducción de los glaciares en las montañas o en los polos, un aumento en la frecuencia y fuerza de eventos climáticos extremos y el aumento en el nivel del mar.

Estos efectos también están ocurriendo en Ecuador. Los datos de cambios ambientales oficiales esta-

blecen que la temperatura promedio anual ha aumentado 0,8°C en el periodo 1969-2006, la precipitación se ha incrementado en un 33% en la costa y en un 8% en la sierra para el mismo periodo y los glaciares se han reducido en un 27,8% entre el 1997 y 2006. Lógicamente, estos cambios ambientales perjudican al ser humano y a las especies que habitan este planeta; por esto, constituye un gran reto para quienes trabajan con especies silvestres, el poder adelantarse a los potenciales efectos y lograr minimizar sus posibles amenazas.

## ¿Cómo se evalúan los potenciales impactos del cambio climático en las especies?

Existe una pregunta clave que potencialmente puede guiar el camino para mejorar el conocimiento sobre los posibles impactos del cambio climático: ¿qué factor o factores ambientales limitan la distribución de las especies?; en otras palabras: ¿por qué las especies viven en tal o cual hábitat? Obviamente, las respuestas pueden ser tantas como especies existan en un sitio. Y esto da una idea de todo el trabajo que queda por delante.

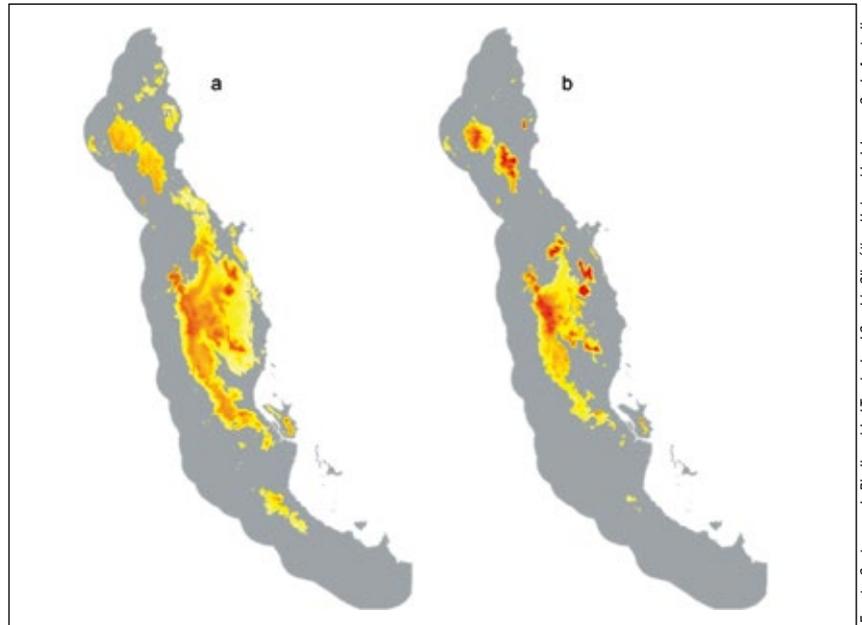
Varios científicos han desarrollado diferentes herramientas que permiten evaluar esta pregunta y los potenciales impactos del cambio

climático. Los resultados de estos estudios muestran un panorama crítico. Se predice la extinción de muchas especies debido a la reducción de las áreas geográficas con condiciones climáticas óptimas para su desarrollo. Se predice también que las especies desplazarán sus rangos de distribución ya sea hacia los polos o a las cimas de las montañas, en búsqueda de condiciones parecidas a las actuales.

Una de las metodologías más extendidas es la creación de modelos de distribución de especies. En ellos podemos visualizar potenciales cambios en la distribución geográfica de las especies considerando las futuras condiciones climáticas (Figs. 1a y 1b). Estos estudios han sido muy útiles para guiar los cambios en las políticas y las estrategias de conservación de la biodiversidad.

Sin embargo, esta metodología se basa en varios supuestos que se aplican por igual a todas las especies estudiadas. Por ejemplo, la distribución de las especies está limitada únicamente por las condiciones macroclimáticas; por tanto, no hay opción para amortiguar estas condiciones por la estructura del hábitat, el comportamiento o el uso de microhábitats. Tampoco se analiza la capacidad de las especies de adaptarse a los cambios ambientales o simplemente sus tolerancias fisiológicas innatas. Todos coinciden en que no es lo mismo vivir en Míndo que en Guayllabamba, ser una especie diurna o nocturna, vivir en el dosel del bosque o bajo una piedra, ser una rana, un escarabajo, una planta o una bacteria.

En un país megadiverso en especies y ambientes, como el Ecuador, incluir estas consideraciones es fundamental si se quiere saber qué pasará con las especies en el futuro. La



Fuente: Centro para la Biodiversidad Tropical y el Cambio Climático. Universidad James Cook, Australia

Figuras 1a y 1b. Modelos correlativos de la predicción de la distribución potencial de la rana nodriza adornada (*Cophixalus ornatus*) en la Región Húmeda Tropical de Australia. La figura 1a muestra la distribución potencial en el presente, mientras que la figura 1b presenta la distribución potencial de la especie cuando la temperatura ambiental haya aumentado 2°C. Se puede ver una pérdida en el área de distribución, correspondiente, principalmente, a tierras bajas. Las zonas en tonos rojos indican mayor probabilidad de que la especie se encuentre en la región. El tono gris señala zonas donde la probabilidad de que la especie exista es casi nula.

aún inimaginable diversidad biológica del país contendrá especies muy amenazadas por estos cambios, pero también habrá otras que se sentirán mejor con las condiciones futuras. Bajo el cambio climático habrá muchos perdedores, pero también ganadores. La única manera de evaluar los verdaderos impactos del cambio climático es volver a los bosques y realmente “preguntar” a las especies si van a ser afectadas y cómo. Este es realmente el reto de los biólogos, frente a esta amenaza.

### Un ejemplo de la vida real en islas climáticas

Once especies de ranas que viven en el bosque lluvioso tropical en el noreste de Australia, que pertenecen al género *Cophixalus* de la familia Microhylidae, se encuentra categorizadas, en la lista roja manejada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), como altamente amenazadas por el fenómeno del

cambio climático.

Estos anfibios se caracterizan por ser muy pequeños (los adultos de casi todas las especies no son más grandes que la uña del dedo pulgar); son nocturnas y durante el día buscan refugio bajo troncos, rocas o plantas epífitas caídas del dosel del bosque (Fig. 2). Su estrategia reproductiva es por desarrollo directo, esto quiere decir que ponen huevos directamente en el suelo húmedo de los cuales nacen ranitas iguales a los padres pero muy pequeñas (más pequeñas que la uña del dedo meñique).

El alto nivel de amenaza que viven estas ranas viene dado principalmente porque estas especies, en general, se encuentran restringidas geográficamente a una o pocas cimas de montañas, cuya mayor altitud en esa región es 1622 m.s.n.m. Estos sitios, en el presente, ya son los lugares más fríos y húmedos de la región. Esto implica que cualquier cambio pequeño en las condiciones



Figura 2. *Cophixalus neglectus*, la rana nodriza naranja, es un ejemplo de las ranas de la familia Microhylidae amenazadas por el cambio climático en el bosque lluvioso tropical de Australia. Esta especie está restringida a las cimas de dos montañas: Bartle Frere y Bellenden Ker.

ambientales obligaría a estos animales a buscar sitios nuevos para vivir. Pero como ya están en la cima de las montañas y su tamaño no les permite viajar grandes distancias, están irremediablemente confinadas a estas islas climáticas cada vez más pequeñas. Exactamente lo mismo se espera que ocurra en otros sistemas montañosos del mundo, como por ejemplo en los Andes, lo cual constituiría una grave amenaza para la altísima diversidad de flora y fauna endémicas. (Los modelos de distribución de estas especies predicen que sus rangos geográficos se reducirán drásticamente incluso con pequeños cambios de condiciones ambientales).

Con el fin de saber algo más sobre la historia natural de estas ranas, se realizó un trabajo de campo en sitios muy remotos de las montañas del noreste de Australia (Fig. 3). Allí se estudió su comportamiento durante el día y la noche; se recolectó información microambiental (temperatura y humedad cada hora) de los sitios donde ellas viven y también se realizaron experimentos para determinar algunos límites fisiológicos; por ejemplo, cuáles son

las temperaturas máxima y mínima a las cuales pueden reaccionar frente a estímulos externos, y cuál es su temperatura preferida.

Después de dos años de trabajo de campo y miles de kilómetros recorridos, se logró determinar que estas ranas después de forrajear durante la noche, regresan a sus refugios entre las 5:00 h y 6:00 h y que, entre las 18:00 h y 19:00 h, vuelven a salir a la hojarasca del bosque. Con esta información, ligada a los

datos de las condiciones microambientales colectadas de los sitios donde estas ranas viven, se crearon secuencias de las condiciones a las cuales estas especies realmente están expuestas. Gracias a que estas ranas viven dentro de un bosque (son nocturnas y utilizan refugios que les ayudan a amortiguar las condiciones macroambientales) se determinó que en el mes más caliente estos animales están expuestos a casi 6°C menos que la temperatura sobre el dosel del bosque. Durante el mes más frío, están expuestos a temperaturas de 3°C mayores a las temperaturas mínimas que se experimentan sobre el dosel del bosque.

Esto demuestra que gracias a la estructura del hábitat donde las especies viven, los comportamientos que tienen y los microhábitats que usan, pueden recibir amortiguamiento de las condiciones macroambientales.

Finalmente, al combinar los datos de las condiciones de exposición con los límites fisiológicos térmicos, se encontró que todas las poblaciones aún están lejos de estar expuestas a condiciones cercanas a sus límites fisiológicos. Incluso, su-

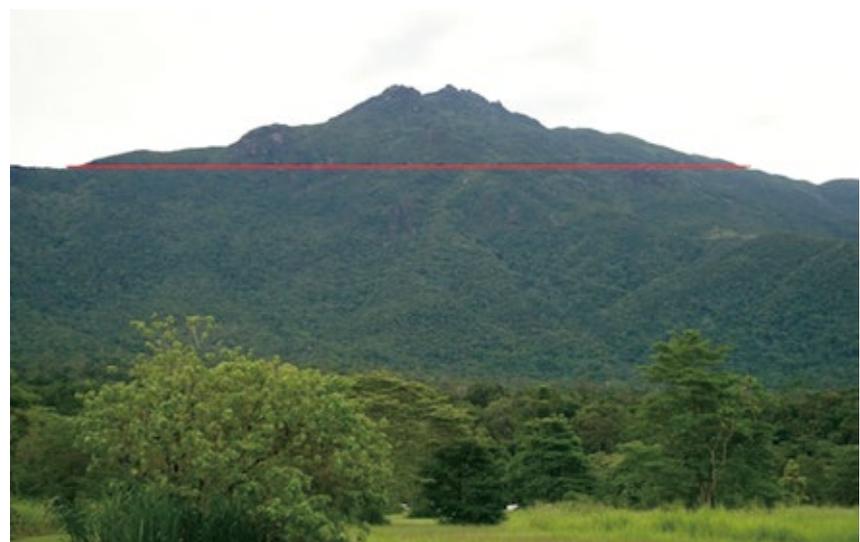


Figura 3. La cima del Pico Thornton en el noreste de Australia es el completo rango de distribución de la rana nodriza hermosa (*Cophixalus concinnus*). Al igual que esta rana, muchas especies están o estarán en el futuro restringidas a estas nuevas islas debido al cambio del clima. La línea roja muestra el límite inferior aproximado de la distribución de esta especie.

biendo la temperatura 3.5°C, que es la predicción más confiable para el año 2070 para esa región, no se espera que hayan extinciones locales, aunque muy probablemente haya problemas con el metabolismo debido a las altas temperaturas.

Constituye, entonces, una necesidad seguir recolectando toda la información posible sobre la historia natural, fisiología, diversidad genética de una especie, especies clave o grupos de especies en un sitio, para predecir con mayor certeza la vulnerabilidad y los potenciales impactos del cambio climático en el futuro.

### ¿Y ahora qué hacer?

Estas observaciones de campo en los *Cophixalus* australianos contrastan con las predicciones sobre los potenciales impactos del cambio climático disponibles previos a este estudio, y demuestran la importancia de volver a los bosques y establecer programas de monitoreo de biodiversidad y condiciones microambientales. Esta información mejorará notablemente la evaluación de la vulnerabilidad de las especies y los potenciales impactos del cambio climático; en consecuencia, incrementarán, dependiendo de políticas y acciones de conservación, las posibilidades de supervivencia de estas especies.

Estas acciones de conservación pueden estar orientadas a diferentes niveles. Evitar la destrucción y degradación de los hábitats es fundamental para conservar especies, pero también fomentar estrategias de conectividad altitudinal o latitudinal entre áreas protegidas ayudará a que las especies puedan migrar hacia ambientes más favorables en el futuro.

En el caso de especies con poca capacidad de migración, el estado

de conservación del hábitat es fundamental. Hábitats poco alterados ofrecen una gran diversidad de microambientes donde estas especies pueden encontrar condiciones específicas en las cuales podrían sobrevivir.

Para estas mismas especies, si los hábitats no pueden proveer naturalmente diversos microambientes, el manejo intencional para crear estos microhábitats puede ayudar a incrementar las posibilidades de supervivencia de muchas especies. En la literatura científica existen muchos ejemplos de cómo pequeñas acciones humanas han producido efectos positivos en la abundancia de especies. Ahora, estas acciones pueden ser aplicadas en el contexto del cambio climático. Por ejemplo, se pueden proveer refugios (troncos, rocas, etc.), sitios de reproducción o fuentes artificiales de agua, para promover la conservación de especies de anfibios.

Finalmente, si no hay otra opción, el desarrollo de planes de manejo *ex situ* puede ser una alternativa; también se ha propuesto la introducción de estas especies en ambientes con condiciones similares a las actuales. Por supuesto que estas opciones deberán someterse a una discusión sistemática y rigurosa.

### ¿Qué pasará en el futuro?

En el futuro, la intensidad del cambio climático y de sus efectos dependerán de la eficacia de los gobernantes de los países para comprometerse a controlar y reducir las emisiones de GEI a la atmósfera, a nivel planetario. Hasta ahora y desde el establecimiento del Protocolo de Kioto en 1997, los países no han logrado poner en práctica casi ninguno de los compromisos acordados. En diciembre de 2011, los representantes gubernamentales en

la materia de todo el mundo se reunieron en Durban, Sudáfrica, con el fin de examinar los resultados; lamentablemente, una vez más, como la comunidad científica esperaba, fueron casi nulos.

Mientras tanto, las especies en sus hábitats deberán enfrentar los cambios ambientales con sus propias capacidades. Algunas serán favorecidas, otras se adaptarán o posiblemente evolucionarán. Unas pocas serán ayudadas voluntariamente por algunos biólogos, y muchas otras se extinguirán. Ojalá estos cambios no amenacen fatalmente la supervivencia de los humanos.

### Literatura consultada

- Deutsch C. A., Tewksbury J. J., Huey R. B., Sheldon K. S., Ghalambor C. K., Haak D. C., Martin P. R. (2008) Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*.
- Diringer E. (2011) Letting go of Kyoto. *Comment. Nature* 479: 291-292.
- Granizo, T. (2012) Durban: ¿La muerte del Protocolo de Kioto? *Nuestro Patrimonio* 29: 12-13.
- Parmesan C. (2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 37, 637-669.
- Tewksbury J. J., Huey R. B., Deutsch C. A. (2008) Putting the heat on tropical animals. *Science*, 320, 1296-1297.
- Williams S. E., Shoo L. P., Isaac J. L., Hoffmann A., Langham G. (2008) Towards an integrated framework for assessing the vulnerability of species to climate change. *PLoS Biology*, 6, 2621-2626.



# Malaria: una enfermedad que ha dominado a la humanidad desde sus orígenes



(CDC/SCIENCE PHOTO LIBRARY)

Hembra del mosquito *Anopheles* picando a una persona.

■ Por Fabián Sáenz y María Eugenia Ávila  
(fsaenz231@puce.edu.ec) (mariuavila@hotmail.com)

**C**ual si fuera una película de horror, el siguiente testimonio es de un artículo de Ryszard Kapuscinski que habla de los síntomas físicos y emocionales de alguien infectado con malaria: “Quise incorporarme pero sentía que no tenía la fuerza para hacerlo, sentía que estaba paralizado. La primera señal del inminente ataque es un sentimiento de ansiedad de forma repentina y sin ninguna clara razón. Algo malo te sucedió, si creyese en espíritus hubieras pensado que te lanzaron un embrujo o que un demonio entró en ti incapacitándote y anclándote al suelo. Te llena un debilitamiento, pesadez, opacidad. Todo se vuelve irritante: primero la luz que entra, los demás con sus

voces altas, ese olor repugnante, el roce áspero [...] y sin embargo no tienes mucho tiempo de darte cuenta de esto, cuando llega el ataque abrupto y repentino, viene acompañado de un frío helado, ártico y polar que sientes que te destroza y te aterroriza. Ahora empiezas a temblar y convulsionar. Tratando de salvarte, imploras ayuda, solo querrás que te cubran, pero no con una manta, sino con algo que te aplaste: desesperadamente querrás estar pulverizado y que una aplanadora pase sobre ti.”

Como nos comenta Charles L. Bardes, una persona luego de un fuerte ataque de malaria queda hecha harapos, en un lecho de sudor, con fiebre, sin poder mover brazos ni piernas. Todo duele, hay fiebre, mareo y náuseas. Se encuentra exhausto, débil y lánguido. Al llevarlo

en peso, da la impresión de no poseer ni huesos ni músculo, y muchos días pasarán antes de que pueda volver a levantarse y caminar con sus propios pies. Claramente los que han adquirido malaria han sufrido grandemente, otros han estado tan cerca de la muerte debido a la anemia y al taponamiento de las venas que se produce, otros han entrado en coma y los demás han muerto finalmente por causa del mal funcionamiento de órganos tales como riñones, hígado, pulmones y médula espinal.

## ¿Pero... y qué es la malaria?

La malaria o paludismo no se adquiere por haber inhalado el “mal aire” o bebido agua de pantano como se creía antiguamente, sino por el parásito *Plasmodium* que invade los glóbulos rojos y des-

truye la hemoglobina de la sangre. En la figura 1 se detalla el ciclo de vida del parásito. El parásito entra en la persona cuando una hembra de un mosquito del género *Anopheles* pica a una persona, esta inyecta esporozoos que se dirigen al hígado por el torrente sanguíneo. Ahí se desarrollan en estadios exo-eritrocíticos. Posteriormente, los merozoos son liberados en el torrente sanguíneo donde invaden glóbulos rojos y se reproducen asexualmente. Algunos de los parásitos se diferencian en gametocitos (Fig. 2), que son los estadios sexuales del parásito. Estos son tomados por un mosquito hembra y se diferencian en gametos, los cuales se fusionan formando un cigoto que se transforma en un ookinete. Este ookinete invadirá las células de la pared del estómago del mosquito, y se desarrollará en un ooquiste. En este se forman los esporozoos, que son liberados de la pared del estómago e invaden las glándulas salivales del mosquito (Fig. 3) desde donde pueden ser transmitidos a otra persona al ser picada por la hembra *Anopheles*.

Existen dos especies principales del protozoo *Plasmodium* que infecta a humanos: *P. falciparum* y *P. vivax*, causando aproximadamente 500 millones de casos al año. La infección de malaria causada por *P. falciparum* es la más grave, causa el secuestro de los parásitos y bloqueo de los vasos sanguíneos en diferentes órganos ocasionando, muchas veces, la muerte si no es tratada a tiempo.

*P. vivax* es la especie con mayor distribución geográfica y la principal en Asia y América del Sur. *P. vivax* causa 25-40% de casos de malaria en el mundo, es raramente mortal pero produce sín-

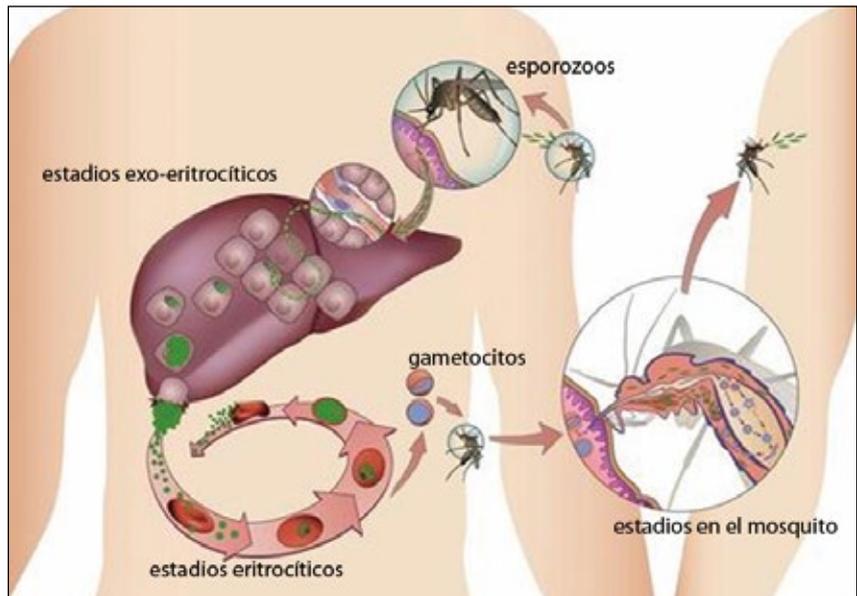


Figura 1. Ciclo y estadios de infección de *Plasmodium*

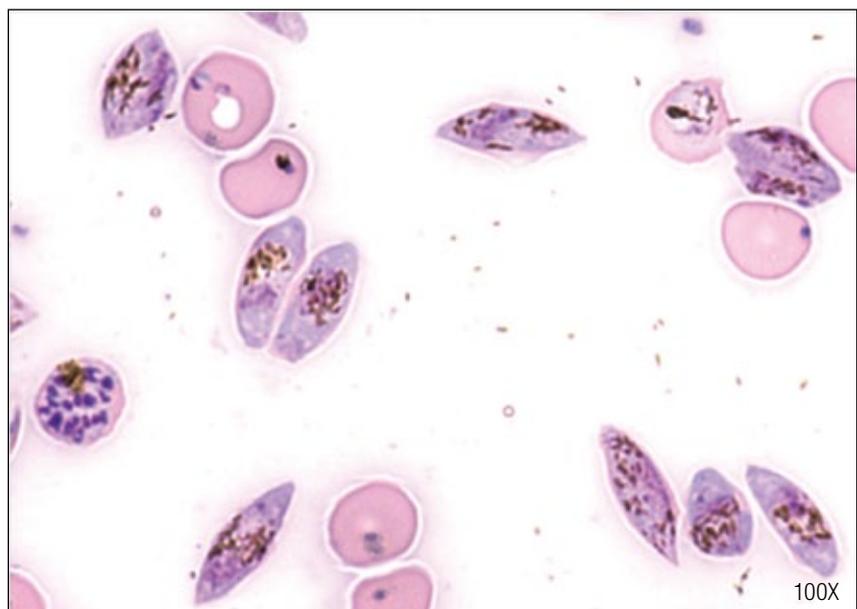


Figura 2. Gametocitos y estadios asexuales de *Plasmodium falciparum* en glóbulos rojos humanos.

tomas incapacitantes que pueden reaparecer varios meses o años después de la primera infección.

### Historia de la malaria

La malaria ha estado presente desde la antigüedad en poblaciones humanas, marcando la historia de la humanidad. La malaria fue conocida como "La Fiebre", y está do-

cumentada en Papiros (1570 a. C) y tablas de arcilla de bibliotecas (que datan del siglo 7 a. C) en las cuales se describen el bazo agrandado y fiebres periódicas cada 3 o 4 días. Se ha encontrado una relación entre los asentamientos de personas cercanos a áreas pantanosas con olores presentes. De ahí su nombre: Malaria: *mal aire*.

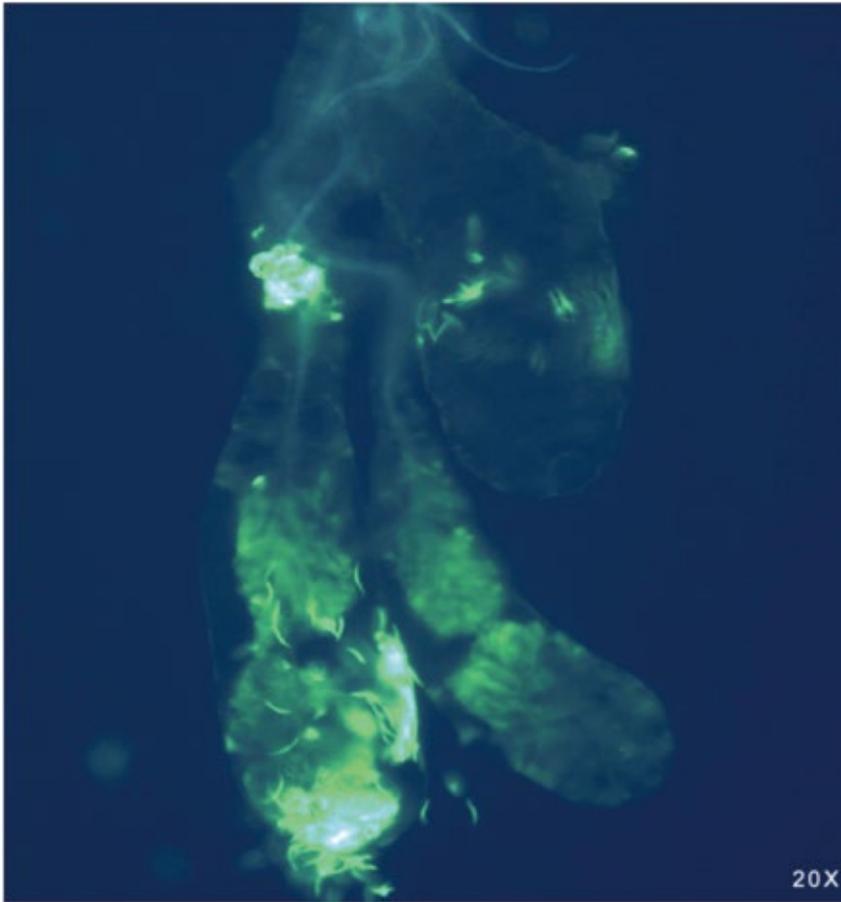


Figura 3. Esporozoitos de *Plasmodium* que expresan la proteína fluorescente GFP en glándulas salivales de *Anopheles*.

Entre las “célebres víctimas” de la malaria se encuentran faraones egipcios como Tutankamon, emperadores como Titus, Alejandro el Grande, San Agustín, reyes y emperadores de Europa como Eduardo IV de Inglaterra, Carlos V de Italia y varios papas católicos (Leo X, Sixto V, entre otros). Pero, lo que es más importante, la malaria ha causado la muerte de millones de personas, en su mayoría niños, en los trópicos del mundo.

A principios del siglo XX, la malaria era muy prevalente en todo el mundo, tanto en zonas tropicales como templadas. Se conoce que ciudades como Roma y Londres estaban infestadas con malaria. Sin embargo, durante el siglo XX, programas internacionales intensivos de erradicación de la malaria reduje-

ron esta enfermedad en gran superficie del planeta. Como resultado, la distribución de la malaria disminuyó del 53% al 27% de la superficie de la Tierra. Cuarenta naciones erradicaron la malaria en una campaña multinacional que involucró la fumigación de amplias áreas con pesticidas basados en DDT, la destrucción de sitios de reproducción de mosquitos y el uso de antimaláricos como la cloroquina. La mayoría de las naciones que erradicaron esta enfermedad se encontraban en zonas templadas de América, Europa y Asia, y fue así como países tales como Estados Unidos, Italia, Grecia quedaron libres de malaria.

Lastimosamente, los esfuerzos por erradicar la malaria completamente de la faz de la Tierra se truncaron cuando se desarrolló re-

sistencia al DDT por parte de varias especies de mosquitos, así como a la cloroquina y a otros antimaláricos por parte del parásito causante de la enfermedad. En el período subsiguiente, la malaria volvió a brotar en gran parte de las regiones tropicales del mundo, llegando a un número de víctimas sin precedentes. Se calcula que en el año 2000 más de 3 millones de personas murieron a causa de esta enfermedad (Fig. 4).

Hoy en día, la malaria ha sido confinada a los países tropicales y principalmente en África donde mueren cerca de un millón de personas al año, en su mayoría niños. La malaria, en el siglo XXI, es catalogada como una enfermedad de la pobreza. De hecho los países que tienen altos índices de malaria son también aquellos que tienen los mayores índices de pobreza. Ya no mueren ricos, reyes o gobernantes con esta enfermedad, sino las personas más pobres, únicamente en las regiones con menos recursos del planeta.

La malaria causa grandes pérdidas económicas a nivel mundial y también origina un elevado número de defunciones, lo cual en países del África significa una disminución de la población que se encuentra en edad de trabajar y producir, y por lo tanto en una disminución del producto interno bruto de muchos países. Similarmente, en Asia y América del Sur, la malaria ocasiona muchas horas de trabajo perdidas al imposibilitar a millones de personas.

### La malaria en Ecuador

En Ecuador, la malaria es endémica de la Costa y la Amazonía en zonas bajo los 1500 metros. Aproximadamente 60% de la población del país vive en zonas endémicas de malaria. Históricamente, la mayoría de casos de malaria ocurren en la

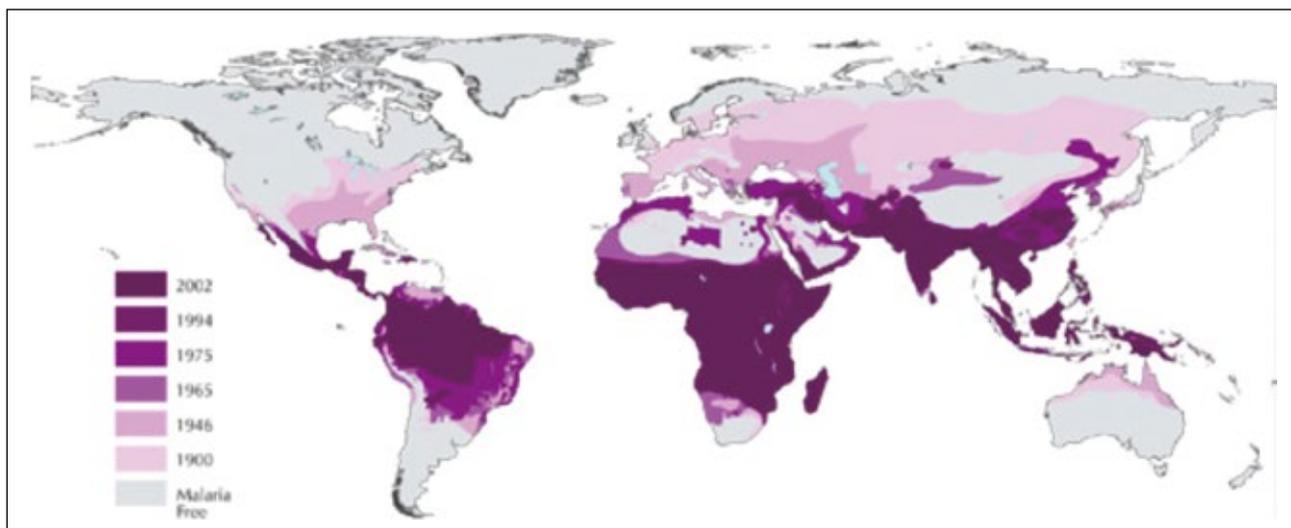


Figura 4. Mapa de la distribución de la malaria entre 1900 y 2002. El mapa muestra la distribución de la malaria en el mundo entre el año 1900 (más claro) y año 2002 (más oscuro). La distribución actual de la enfermedad se ha centrado en zonas netamente tropicales.

provincia de Esmeraldas donde *P. falciparum* es el parásito predominante, así como en las provincias de Orellana y Sucumbíos. En el 2008 se reportaron alrededor de 5000 casos en el país, de los cuales 90% correspondían a *P. vivax* (PAHO 2008) y en el 2010 se reportaron 2000 casos; sin embargo, se calcula que esta cifra estaría muy por debajo del verdadero número. Además, factores como el Fenómeno del Niño y la susceptibilidad del parásito a los medicamentos han sido decisivos en el estado de la epidemia cada año.

A pesar de avances recientes en el control de la enfermedad, la malaria ha sido muy poco estudiada en nuestro país; igualmente, son totalmente desconocidos los índices de resistencia a medicamentos, la susceptibilidad de la población a la enfermedad y la información vectorial.

### ¿Es posible erradicar la malaria?

La erradicación de la malaria se enfrenta a varias dificultades como son la resistencia de *Plasmodium* a los antimaláricos, la resistencia de

mosquitos a insecticidas y la dificultad de obtener una vacuna eficiente.

Sin embargo, avances recientes como la secuenciación del genoma de las dos especies predominantes de *Plasmodium* y del principal vector, el mosquito *Anopheles gambiae*, han abierto nuevos caminos de investigación para el descubrimiento de mejores medicamentos y del desarrollo de nuevas vacunas. A esto se suma la voluntad de entidades como la Organización Mundial de la Salud y organizaciones financiadoras como Bill y Melinda Gates y de gobiernos en países endémicos quienes se han comprometido en un nuevo esfuerzo para erradicar la enfermedad. Es así como después de 40 años la erradicación de la malaria está nuevamente en la agenda de la Organización Mundial de la Salud y de muchos gobiernos. Nuevos programas de eliminación de la malaria se están poniendo en práctica en varios países del África, Asia y América del Sur.

La erradicación de la malaria será posible únicamente si podemos integrar nuestros conocimientos de la respuesta biológica del parásito, el

vector y el hospedero, la dinámica de transmisión de la enfermedad y las implicaciones sociales, económicas y culturales de la comunidad. Debemos seguir haciendo campañas de erradicación con mejores estrategias y tecnologías, entendiendo el clima y ambiente cambiantes, así como la migración de poblaciones humanas en zonas endémicas.

### Literatura consultada

- Kapuscinski, R. 2002 *Shadow of the Sun*. Vantage, New York, NY. U.S.A.
- Sherman, IW. 2010. *Magic Bullets to Conquer Malaria*, ASM Press, Washington, U.S.A.
- Organización Panamericana de la Salud. 2008. Informe de la situación del paludismo en las Américas. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C. 20037, U.S.A.
- Greenwood, BM., Fidock, DA., Kyle DE., Kappe, SH., Alonso, PL., Collins, FH., Duffy, PE., Malaria: progress, perils, and prospects for eradication. *J Clin Invest.* 2008 April 1; 118(4): 1266–1276.



# Cronología de la cancelación de la patente de la ayahuasca

■ Por Omar Vacas Cruz  
omarvacas@yahoo.com

“La cancelación de la patente de la ayahuasca enverdece las selvas amazónicas y los guacamayos vuelan, cantan y embellecen con sus colores a nuestra madre naturaleza... Ha vuelto la vida.”  
Querubín Queta (Chamán cofán, Ecuador).

## Introducción

La ayahuasca es uno de los íconos de la biopiratería de los últimos 30 años. Durante la década de los ochenta, Loren Miller, propietario del laboratorio farmacéutico estadounidense “International Plant Medicine Corporation”, visitó el Ecuador y ganó la confianza de un jefe indígena del pueblo Cofán y así obtuvo plantas de la ayahuasca *Banisteriopsis caapi* (Spruce ex Griseb.) C.V. Morton, las que las llevó a los Estados Unidos en donde argumentó haber “descubierto” una variedad nueva a la que le llamó *Banisteriopsis caapi* (cv) “Da Vine”<sup>1</sup> siendo la misma

<sup>1</sup> Nombre científico no encontrado en las bases botánicas de datos: IPNI, TROPICOS y The Plant List. Tampoco está publicado en la literatura taxonómica botánica tradicional. El nombre fue propuesto como una variedad cultivada —cv— (European Patent Office, 2012). Por esto, se encuentra regulada en el Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas (ICNCP, por sus siglas en inglés).

descrita por Spruce y adujo que la variedad nueva tenía propiedades curativas para enfermedades mentales, mal de Parkinson, además de ser antiséptica y combatir los parásitos, por esto obtuvo la patente de la planta en la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO, por sus siglas en inglés). Desde ese entonces los pueblos indígenas amazónicos entablaron una demanda para cancelar la patente hasta que finalmente en el 2003 la USPTO con sede en Washington, revocó la misma.

## La patente y su revocatoria

La ayahuasca (Figs. 1 y 2) fue patentada en la USPTO, con el número US 5751 (P) de fecha 17 de junio de 1986, a nombre de Loren Miller (Fig. 3). La Coordinadora de las Organizaciones Indígenas de la Cuenca Amazónica (COICA) denunció a Miller en 1994 acusándolo de enemigo de los pueblos indíge-

nas amazónicas, ante esta declaración la Fundación Interamericana, una agencia gubernamental norteamericana de ayuda al desarrollo, declaró que sometería a consideración sus futuras ayudas económicas a la COICA.

Centenares de personas y organizaciones indígenas, de derechos humanos, ambientalistas del mundo entero, como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la World Wildlife Fund Internacional (WWF), expresaron su solidaridad con los pueblos indígenas amazónicos. En marzo de 1999, con el auspicio legal del Center for International Environmental Law (CIEL), con sede en Washington, y el apoyo de la Alianza para los Pueblos Indígenas y Tradicionales de la Cuenca Amazónica y la COICA presentaron la demanda.

La USPTO decidió cancelar provisionalmente la patente otorgada a

<http://poderesunidos.wordpress.com/2009/12/30/banisteriopsis-caapi-ayahuasca/>



Figura 1. Secuencia fotográfica de *Banisteriopsis caapi* en la selva amazónica.



Figura 2. *Banisteriopsis caapi*: ilustración de la planta, se muestra en detalle la flor y la semilla.

[http://www.sacredearth.com/Etime/summer05/banisteriopsis\\_caapi2.jpg](http://www.sacredearth.com/Etime/summer05/banisteriopsis_caapi2.jpg)

The screenshot shows the Espacenet Patent search interface. At the top, there is a logo for the European Patent Office and the text 'Espacenet Patent search'. Below this, there are navigation tabs for 'Search', 'Result list', 'My patents list (0)', 'Query history', 'Settings', and 'Help'. The main content area displays bibliographic data for patent US 5751 (P). The title is 'Banisteriopsis caapi (cv) 'Da Vine''. The inventor is listed as MILLER LOREN S [US], and the applicant is also MILLER LOREN S. The publication date is 1999-05-17. The classification is A01H5/06 (IPC1-7) and A01H5/00 (European). The application number is US19840669745 19841107, and the priority numbers are US19840669745 19841107, US19810266114 19810521, and US19810266114 19810521. There are links for 'View INPADOC patent family' and 'View list of citing documents'. At the bottom, there is an 'Abstract of US 5751 (P)' and a 'Translate this text' link.

Figura 3. Información general de la patente.

favor de Loren Miller, el 3 de noviembre de 1999. El argumento decisivo fue que la planta patentada ya era conocida y se la podía utilizar antes de la presentación de la aplicación de la patente. La Ley Norteamericana dice que una invención o descubrimiento no puede ser patentado si este ya está descrito en una publicación impresa en los Estados Unidos o en un país extranjero más de un año previo a la fecha de la aplicación para la patente. Irónicamente no primó el respeto por el conocimiento tradicional, sino la casualidad de que esta planta había sido registrada con anterioridad en el Herbario de la Universidad de Michigan (MICH).

Frente a los nuevos argumentos presentados por Miller, la USPTO revisó la resolución de revocatoria y devolvió la patente al solicitante (Miller) en enero de 2001.

Finalmente, el 4 de noviembre de 2003, la USPTO revocó definitivamente la patente de la ayahuasca, el fallo responde a una segunda solicitud de revisión de la patente presentada en marzo de 2003 por la COICA, la Alianza para los Pueblos Indígenas y Tradicionales de la Cuenca Amazónica y el CIEL.

### Requisitos generales de patentabilidad

Una patente debe cumplir tres requisitos primordiales: 1) debe ser nuevo, útil y no ser simplemente

un descubrimiento de un fenómeno preexistente que ocurre naturalmente, 2) que tenga nivel inventivo (no ser obvio para el especialista en la materia) y 3) que tenga una aplicación industrial (replicable industrialmente). Los criterios anteriormente citados eran relativamente fáciles de interpretar en el contexto del desarrollo de nuevos compuestos químicos. Sin embargo, la moderna biotecnología ha levantado numerosas dudas y aspectos inconsistentes en las leyes de patentes. Durante las últimas dos décadas, la industria biotecnológica y sus aliados (algunas universidades, entre ellas) han realizado esfuerzos para extender los límites de las leyes de las patentes existentes, en forma tal que los organismos, sus partes, y los procesos que ocurren en su creación incluyendo las células y genes, sean considerados como patentables, si han sido genéticamente modificados.

### Propiedad Intelectual en Estados Unidos

El marco legal que apoya la creación de una patente en los Estados Unidos y que sirvió de base para la patente de la ayahuasca constituye un derecho monopólico, concedido por un tiempo determinado a un inventor, la cual otorga exclusividad sobre la invención a sus poseedores quienes pueden conceder licencias

a otros para su empleo, ya sea por pagos directos o regalías. Una vez expirado el tiempo de la patente, 20 años en la mayoría de los países europeos y 17 años en Estados Unidos, esta pasa a ser parte del dominio público.

La Corte Suprema de Justicia de los Estados Unidos legisló en 1980 que los "organismos vivos" sometidos a ingeniería genética podían clasificarse como "invenciones" más que "productos de la naturaleza". Las invenciones pueden patentarse, los productos de la naturaleza no, en este sentido si una persona natural o jurídica llegará a "inventar" una nueva variedad de la ayahuasca, puede patentarla y obtener todos los beneficios económicos producto de su venta en los mercados nacionales e internacionales.

En 1993, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB<sup>2</sup>) emitió un documento sobre el reconocimiento intelectual de los derechos de propiedad en biotecnología; para septiembre de 1996, más de 150

<sup>2</sup> Artículo 8, literal J: Con arreglo a su legislación nacional, respetará, preservará y mantendrá los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades indígenas y locales que entrañen estilos tradicionales de vida pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica y promoverá su aplicación más amplia, con la aprobación y la participación de quienes posean esos conocimientos, innovaciones y prácticas, y fomentará que los beneficios derivados de la utilización de esos conocimientos, innovaciones y prácticas se compartan equitativamente.

países y la Unión Europea lo habían firmado y ratificado por sus respectivos parlamentos; Estados Unidos lo firmó, pero no lo ratificó.

### Propiedad Intelectual en Ecuador

La normativa legal vigente ecuatoriana que protege el acceso a los recursos genéticos se basa en la Decisión 391 Comunidad Andina de Naciones (CAN), Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos y la Decisión 486 CAN, Régimen Común sobre Propiedad Industrial, Manual Andino de Patentes, Protocolo de Nagoya, CDB, Constitución Política del Estado 2008, Ley para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad en Ecuador, Ley de la Propiedad Intelectual del Ecuador y su Reglamento (Decreto 508).

El Grupo Nacional para la Prevención de la Biopiratería-Ecuador sigue trabajando con miras a lograr alternativas viables de monitoreo y seguimiento en instancias nacionales e internacionales y lograr la inclusión de este tema como política de Estado en Ecuador.

La Ley de la Propiedad Intelectual del Ecuador menciona que la patente tendrá un plazo de duración de 20 años (Art. 146), contados a partir de la fecha de presentación de solicitud y excluye la patentabilidad de plantas y razas de animales, así como de los procedimientos esencialmente biológicos para las obtenciones de plantas o animales y no se otorga protección a las especies silvestres que no hayan sido mejoradas por el hombre.

Por otro lado, la Decisión 486 es muy clara al señalar que no se considerarán invenciones el todo o parte de seres vivos tal como se encuentran en la naturaleza, los procesos biológicos naturales, el material biológico existente en la naturaleza o aquel que pueda ser aislado, inclusive genoma o germoplasma de cualquier ser vivo natural y tampoco serán patentables las plantas, los animales y los procedimientos esencialmente biológicos para la producción de plantas o animales que no sean procedimientos no bio-

lógicos o microbiológicos.

La Constitución 2008 tiene varios artículos conexos con este tema como son: 57 (literales 12 y 17) y 322, 385, 387, 388 y 422, entre otros.

### Conclusiones

Antes de la firma del Convenio sobre la Diversidad Biológica en 1992, los recursos naturales eran considerados patrimonio natural de la humanidad, donde todo mundo podría usufructuar de estos, es a partir de la firma del CDB que se ponen en vigencia la reglamentación legal ya mencionada anteriormente.

La firma del CDB envió un mensaje significativo a los proyectos internacionales de bioprospección. Desde el momento en que el CDB se convirtió en ley internacional, estos proyectos tuvieron que incorporar los objetivos y principios del Convenio en sus actividades. Por ejemplo, tendrían que promover la distribución equitativa de beneficios y la conservación de la biodiversidad de los países que proporcionan las muestras biológicas y el conocimiento asociado.

Además, en los últimos años, el Comité Intergubernamental sobre Propiedad Intelectual y Recursos Genéticos, Conocimientos Tradicional y Folklore de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI), constituido en el año 2000, se ha convertido en el espacio internacional más importante para el análisis y el eventual tratamiento de los conocimientos tradicionales. Desde su formación a la fecha, se han generado considerables aportes al debate y, se ha llegado al punto de reconocer que en un futuro, es probable que sea necesario iniciar un proceso de negociación de un régimen internacional sobre protección de los conocimientos tradicionales. Aunque el mandato del Comité recibido de la última Asamblea General de la OMPI (2003) no es del todo claro en este sentido, muchas delegaciones consideran que es hacia una negociación a donde se dirigen los próximos debates. Cier-

tamente, hay posiciones divergentes entre los países, y algunos de ellos como los Estados Unidos, Australia y Japón, se resisten a creer que sea necesario elaborar un nuevo y especial régimen legal para los conocimientos tradicionales.

### Agradecimientos

Mi sincero agradecimiento al Abogado Fernando Nogales de la Unidad de Conocimientos Tradicionales del Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual (IEPI), por sus acertados comentarios y asesoramiento legal al presente artículo.

### Literatura consultada

- COICA. 2009. Situación de la patente de la ayahuasca. [citado 2003]. Disponible en [http://www.coica.org.ec/sp/ma\\_documentos/ayahuasca\\_sp01.html](http://www.coica.org.ec/sp/ma_documentos/ayahuasca_sp01.html).
- Comunidad Andina (CAN), Instituto Alexander Von Humboldt (Colombia), Instituto Socioambiental (ISA, Brasil), Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA, Perú), Unión Mundial para la Naturaleza – Oficina Regional para América del Sur (UICN Sur), en el marco de la Iniciativa para la Prevención de la Biopiratería (con el apoyo del International Development Research Center - IDRC de Canadá). 2009. Informe del primer taller regional sobre biopiratería y temas conexos. Bogotá, Colombia, 1 y 2 de septiembre, 2005. [citado 2005]. Disponible en [http://www.spda.org.pe/\\_data/archivos/Informe\\_Taller.pdf](http://www.spda.org.pe/_data/archivos/Informe_Taller.pdf).
- IEPI. 2009. Ley de la Propiedad Intelectual Ecuador (Codificación No. 2006-013). [citado 2011]. Disponible en <http://www.iepi.gob.ec/pn-Temp/PageMaster/01at7iv42mvw0dob7gwcs7h56k5mq.pdf>.



# El carácter mágico de ciertas plantas silvestres de los valles secos interandinos

■ Por Catalina Quintana M.  
(cquintanam@puce.edu.ec)

**E**n todas las culturas y épocas, los seres humanos han usado las plantas para satisfacer las necesidades del cuerpo y del espíritu. Es así que en nuestra cultura ecua-

toriana un sinnúmero de plantas de las zonas interandinas se usan para aliviar enfermedades “mágicas” como el mal aire, el espanto y para atraer buena suerte. Estas plantas según las creencias populares fortalecen el espíritu y alejan las malas energías.

Descubramos a continuación algunas características de ciertas plantas mágicas de los valles interandinos. La información se dispone según la familia taxonómica a la que la planta pertenece.

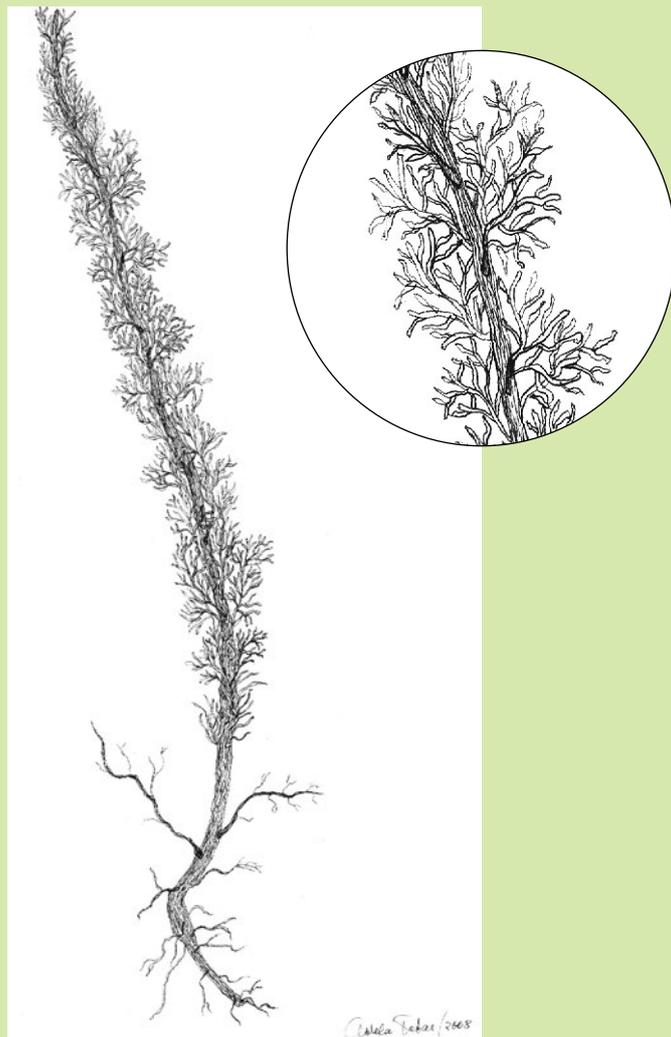
## ASTERACEAE

*Artemisia sodiroi* Hieron

“Alcanfor”

*Artemisia* está dedicado a *Artemis*, la diosa de la caza según la mitología griega; *sodiroi* en honor a Luis Sodiro (1836-1909), sacerdote y botánico italiano quien realizó varias colecciones de plantas en los alrededores de Quito.

Esta hierba terrestre es de crecimiento erguido con tallos redondos cubiertos de vellosidades. Presenta hojas alternas divididas de olor agradable. El haz de la hoja es verde y libre de pelos mientras que el envés es vellosa y blanquecina. Las flores amarillas, presentes entre octubre y abril, atraen insectos para su polinización. El alcanfor es nativo para el Ecuador, se distribuye en los Andes, en altitudes entre los 2200-3600 m. El fruto se usa como condimento, la infusión de la planta se usa para tratar afecciones del riñón y del hígado. Con esta planta se curan enfermedades mágicas como el mal aire y el espanto.



***Smallanthus fruticosus* H. Rob.**

“Jícama” o “Colla”

*Smallanthus* en honor a John Kunkel Small (1869-1938), botánico americano; *anthos* viene del griego que significa flor; fruticosa en latín significa arbusto.

La jícama es un arbusto cubierto de pelos, con hojas opuestas. Presenta estructuras llamativas semejantes a alas en sus tallos (pecíolos alados). Las flores amarillas se disponen en numerosas cabezuelas, las flores externas son femeninas y las flores internas son masculinas. Es común encontrarlo florido de noviembre a abril, cuando las abe-

jas visitan las flores. El fruto es un aquenio grueso. Se la cultiva en los valles secos interandinos por sus tubérculos comestibles, los cuales secados al sol son dulces y jugosos. Es nativa del Ecuador, distribuida entre los 2500-4000 m. La infusión de las hojas, flor y tallo, con limón se toma para tratar inflamaciones de las vías urinarias. Las hojas se utilizan para combatir el reumatismo. Las ramas secas se usan como leña en las casas; la jícama forma parte de cercas vivas y cortinas naturales para detener el viento. La planta entera se usa en el tratamiento del mal aire.



Por Catalina Quinteran



***Tagetes minuta* L.**

“Hierba de gallinazo” o “Tzintzo”

*Tagetes* en honor a *Tages*, una deidad etrusca, nieto de Júpiter quien se dice surgió de la tierra arada; minuta viene del latín y significa pequeño.

El tzintzo es una hierba terrestre, perenne de hasta 120 cm de altura. Las hojas son compuestas, ramificadas, opuestas y alternas. En las inflorescencias, las flores externas presentan pétalos blanquecinos y son pocas, mientras que las flores internas son amarillas y más abundantes. Son comúnmente polinizadas por abejas y avispas. Se las reconoce fácilmente por el fuerte aroma de sus hojas, que simplemente con rozarlas emiten su olor debido a los aceites esenciales que presenta. Florece en los meses secos de julio a septiembre y en época lluviosa de octubre a abril. Es nativa del Ecuador, se la encuentra entre los 2000-3000 m.

Las hojas y ramas de tzintzo se usan como forraje de cuyes y los baños sirven para eliminar piojos. Gastronómicamente es utilizada para dar sabor al loco quiteño y para condimentar quesos y otros alimentos. Gracias a sus aceites esenciales y aromáticos se fabrican perfumes. Los curanderos utilizan el tzintzo para curar el mal aire.



## COMMELINACEAE

*Commelina diffusa* Burm. f.  
“Azulillo”

*Commelina* nombre dado por Linnaeus en honor a dos botánicos holandeses Johan y Caspar Commelin; *diffusa* en latín significa moverse en diferentes direcciones, en referencia a la forma de crecimiento de la planta.

El azulillo es una hierba terrestre con tallos de varios nudos, las hojas son alternas, planas y enteras. Las inflorescencias se disponen en el extremo de los tallos, presentando flores bisexuales, con 3 sépalos verdes y 3 pétalos azules libres, casi siempre de igual tamaño. Presentan

tres estambres funcionales y tres estambres falsos, adornados con pelos de colores llamativos, para atraer a mariposas y abejas. Florece en los meses lluviosos de octubre a mayo. Tolerancia al sol, pero crece mejor bajo la sombra de árboles o arbustos, o en zonas de peñas y lugares húmedos. Esta especie es nativa del Ecuador, se distribuye entre los 0-2500 m. Es utilizada como planta ornamental por sus flores llamativas, y como alimento por sus rizomas comestibles en ensaladas. El azulillo es considerada una medicina espiritual ya que cura el espanto y el mal aire.

## LAMIACEAE

*Clinopodium tomentosum* (Kunth) Harley  
“Tipu” o “Tiglán”.

*Clinopodium* en griego significa pie inclinado, refiriéndose a la forma inclinada de crecimiento que tiene esta especie; *tomentosum* en latín significa cubierto de pelos, refiriéndose a las vellosidades que cubren a esta planta.

Es un arbusto perenne, pubescente y aromático, con hojas pequeñas (1 cm de largo), lanceoladas y con márgenes enteros. Presenta flores anaranjadas muy llamativas de forma tubular, que llevan pintas rojas y amarillas en la parte superior de los pétalos; están formadas por un labio superior erecto del mismo tamaño que el labio inferior, los sépalos forman un tubo. Florece de marzo a agosto. Esta especie es nativa del Ecuador, se distribuye entre los 1000-3500 m de altitud. Con las hojas se preparan aguas aromáticas o se mastican para tratar el dolor de muelas. Es utilizada en perfumería por sus aceites esenciales. Cuando el arbusto está seco se lo usa como escoba. También se usa para curar el mal aire.



### ***Hyptis eriocephala* Benth**

“Tipo Negro”

*Hyptis* en griego significa virado o curvado hacia abajo, refiriéndose al labio inferior de la flor; *eriocephala* en griego significa una cabeza cubierta de pelos, como un erizo, haciendo referencia a los conjuntos de flores que se encuentran muy juntos y cubiertos de vellosidades.

El tipo negro es un pequeño arbusto aromático, erecto con hojas dentadas. Las flores lilas se concentran en cabezuelas compactas. Los sépalos forman un tubo y los pé-

talos forman dos labios: el superior tiene dos lóbulos y el inferior tres. El fruto es un esquizocarpo. Florece todo el año en especial los meses de noviembre a mayo. Es común encontrar grandes poblaciones de tipo en zonas intervenidas, quebradas y pendientes fuertes, sobre suelos pobres. En el Ecuador se distribuye entre los 0-500 m y 1000-3000 m. La infusión de esta planta cura los nervios y baja la fiebre. Los curanderos la utilizan para curar el mal aire.



Por Catalina Quinteran

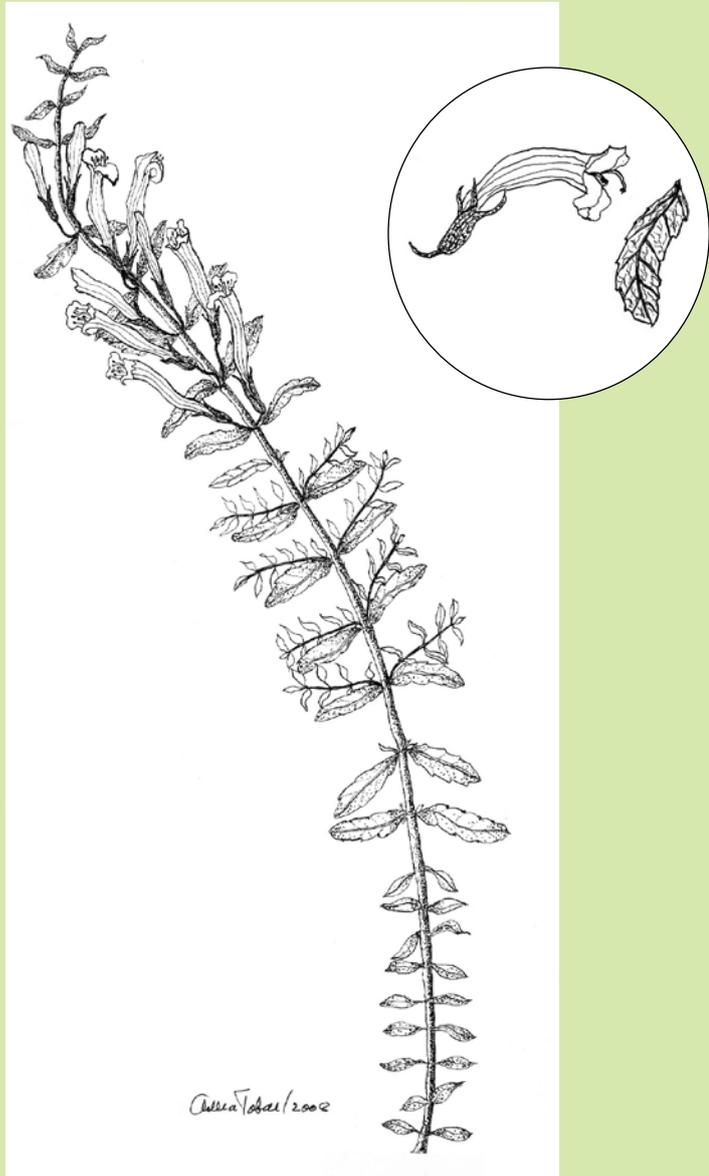
### **OROBANCHACEAE**

*Lamourouxia virgata* Kunth

“Perritos” o “Pescaditos”

No se conoce con exactitud el significado de *Lamourouxia* parece que es una mezcla de francés y griego indicando la esencia del amor; *virgata* en latín significa palo verde.

Es un subarbusto terrestre, perenne, leñosa en la base con tallos rectos en un inicio para luego volverse trepadora. Las hojas son lanceoladas, dentadas y opuestas. La inflorescencia es un racimo, formado por flores bisexuales con pétalos modificados en forma de tubo de color morado-rojizo, que terminan en dos labios. Los sépalos forman un tubo pequeño. Tanto abejas como aves visitan esta planta atraídos por las glándulas de néctar que presentan las flores junto al ovario. Florece todo el año, especialmente los meses lluviosos de octubre a mayo. El fruto es una cápsula seca. Se la encuentra creciendo sobre terrenos fértiles cerca de fuentes de agua. Es nativa para el Ecuador, se distribuye entre los 1500-4000 m de altitud. Medicinalmente es usada para combatir problemas diuréticos y de esguinces. Las hojas secas se utilizan como aderezo de comidas. Esta especie es utilizada por los curanderos para curar el mal aire.



## PIPERACEAE

*Peperomia galioides* Kunth

“Sacha congona” o “Tigrecillo”

*Peperomia* viene del griego *peperi* que significa pimienta y *homia* que significa parecerse a; *galioides* en griego significa semejante a *Galium* un género de plantas de la familia Rubiaceae, en referencia a las hojas verticiladas de esta planta.

Es una hierba terrestre erecta, suculenta con hojas alternas y gruesas. Las flores se disponen en espigas erectas, que atraen a abejas. El fruto

es una drupa rugosa, muy similar al grano de pimienta. Se la puede observar fértil de diciembre a mayo. Crece en lugares húmedos. Es nativa del Ecuador, se distribuye entre los 0-4000 m de altitud. La infusión de la planta se usa para varios fines medicinales; en lavados después del parto, para curar paperas y para la sordera. El zumo de la planta se toma para calmar los nervios. La sachacongona es utilizada en los rituales de los curanderos, para curar el mal aire y el espanto; los baños con esta planta dan buena suerte.



## SAPINDACEAE

*Dodonaea viscosa* Jacq.

“Chamana”

*Dodonaea* en honor de Rembert Dodoens (1517-85), médico, botánico y profesor de la Universidad de Leiden, Holanda; *viscosa* en latín significa pegajoso, refiriéndose a la textura de las hojas.

Es un arbusto de 1 m de altura con ramillas surcadas de color café. Las hojas son simples, alternas, glabras, pegajosas al tacto y lanceoladas. Las nervaduras son notorias por presentar un color más claro que la superficie de la hoja. Las flores no tienen pétalos pero presentan cinco sépalos verdes y vistosas anteras rojas que atraen a insectos. Es fácil reconocer a esta especie por el fruto capsular, trialado amarillo o rojo que presenta. La chamana toma una coloración roja particular cuando los frutos están maduros. Su floración es abundante durante los meses de diciembre a mayo, la fructificación ocurre en julio y agosto cuando tórtolas y palomas vienen a comer las semillas. Sobrevive épocas prolongadas de sequía, luciendo siempre llena de hojas verdes. Es nativa del Ecuador y se distribuye mundialmente en Australia, Asia, América y África. La chamana se usa como cerca viva, como patrón para injertar especies hortícolas, como leña cuando las ramas están secas y para techos cuando las ramas están jóvenes. Medicinalmente este arbusto se utiliza en el parto, en problemas de esguinces, golpes, reumatismo y para males respiratorios. Se cree que la chamana aleja los malos espíritus, cura el mal aire, por lo que se usa para barrer hornos con el fin de sacar el diablo para que no se dañe el pan. Cuando una quebrada presenta abundantes chamanas, se dice que no hay duendes por lo que las mujeres pueden caminar tranquilas.



## SOLANACEAE

*Cestrum peruvianum* Willd. ex Roem. & Schult.

“Saucó”

*Cestrum* es un nombre griego de etimología incierta; *peruvianum* designado en honor al lugar donde se colectó la muestra que sirvió para describir la especie (Perú). El sauco es un arbusto de 1-2 m de altura, con hojas simples, alternas y enteras de olor desagradable. Las flores son blanco amarillentas en forma de tubo, con cinco estambres adheridos a los pétalos. Florece todo el año, en especial en época lluviosa,

cuando es polinizada por dípteros y abejas. Es nativa del Ecuador, se distribuye entre 1500-4000m. Medicinalmente se emplea para problemas estomacales, dérmicos (sarna), respiratorios y renales. Los baños con esta planta bajan la fiebre, fortalecen los huesos, ayudan al crecimiento de las pestañas y evitan la caída del cabello. Las hojas molidas curan el dolor de muela. Cuando la planta está seca se usa como leña. El sauco es utilizado por curanderos para curar el mal aire y el espanto; se cree que esta planta saca la mala energía de la persona.



Por Catalina Quintana

## *Solanum nigrescens* M.Martens & Galeotti

“Hierba mora”

*Solanum* es un nombre latino del cual no se conoce exactamente su significado, se cree que el nombre se origina por la semejanza a la forma de rayos de sol que tiene la flor, también se cree que viene del latín *solari*, que significa curar, seguramente por la gran cantidad de propiedades farmacológicas que tiene esta familia; *nigrescens* en latín significa que se torna negro, indicando la coloración que presentan la base de los tallos.

Es un arbusto de hasta 1 m de altura con hojas lanceoladas sin vellosidades. Las flores, presentes todo el año, tienen cinco sépalos verdes y cinco pétalos blancos y violetas que atraen a insectos. Los estambres, con anteras amarillas, rodean al pistilo. El fruto es una baya negra cuando está madura. Es nativa del Ecuador; crece entre 0-500 y 1500-4000 m de altitud. Utilizada como medicina para inflamaciones del útero y hemorroides. La infusión de la planta y frutos se usan para problemas de piel. El té de las hojas ayuda a curar el decaimiento, el colerín y los dolores de estómago. Se usa como escoba para desinfectar un área. Mágicamente cura el espanto en los niños.



## Bibliografía

Quintana M., C. 2010. *Wild plants in the dry Valleys around Quito-Ecuador*. Publicaciones del Herbario QCA, PUCE. Quito-Ecuador. 266 pág.



# Mecanismos de Reacción

■ Por Lorena Meneses Olmedo  
(lmmeneses@puce.edu.ec)

## Introducción

Los profesionales conocemos bien cómo se llevan a cabo muchas reacciones; es decir, cuáles son los reactivos, los productos y bajo qué condiciones se producen. Pero, ¿cómo se puede saber qué cambios estructurales o electrónicos, qué tipo de procesos a nivel atómico, permiten que las moléculas de reactivos se transformen en productos?

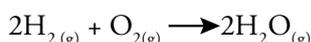
Por ejemplo, sabemos que el agua se forma por la reacción entre las moléculas de hidrógeno y de oxígeno; sin embargo, ¿cómo se enlazan los átomos de hidrógeno a los de oxígeno? ¿Cómo dos moléculas distintas se transforman en una nueva y diferente? ¿Qué pasos deben seguir para que las moléculas de hidrógeno y de oxígeno cambien sus ángulos y sus longitudes de enlace, para transformarse en una molécula que tiene una estructura completamente distinta a las originales?

## Cinética química

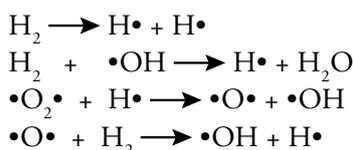
De los aspectos mencionados se encarga la cinética química, mediante el estudio de los mecanismos de reacción.

El mecanismo de reacción es un conjunto de pasos llamados reacciones elementales, cada una involucra un número pequeño de moléculas o

iones. En las reacciones elementales no se especifica la fase o estado de agregación de las especies, y la ecuación representa el proceso específico que ocurre en las moléculas individuales. Para el caso de la formación de agua en estado gaseoso, la reacción química balanceada es:



Aunque la reacción es simple, el mecanismo es complejo y aún no ha podido ser completamente elucidado. El mecanismo propuesto, que involucra algunos pasos para los radicales hidrógeno ( $\text{H}\cdot$ ), es el siguiente [1]:



El punto ( $\cdot$ ), junto a cada especie, indica que es un radical, es decir, una especie que posee un átomo con un electrón desapareado en su estructura electrónica.

Como se puede deducir, conocer el mecanismo de una reacción tan sencilla como la de formación del agua puede ser muy complicado. Para ayudar a analizar este proceso, la química computacional ha proporcionado una serie de índices electrónicos que permiten entender de mejor manera y caracterizar los mecanismos de las reacciones.

Uno de los objetivos principales de la química cuántica es el de proveer información acerca de los mecanismos de reacción, barreras energéticas y termodinámica de la reacción, lo que ayuda a controlar todo proceso.

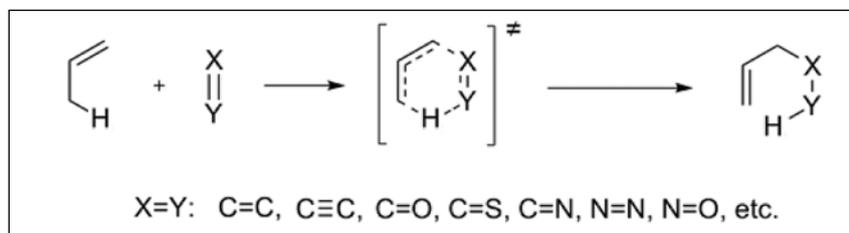
Las reacciones químicas pueden ser interpretadas en términos de cambios geométricos de las estructuras moleculares y el reordenamiento de las densidades electrónicas, de modo que se logre identificar cambios estructurales y electrónicos. Por lo tanto, la identificación de cambios estructurales y electrónicos, durante la coordenada de reacción, proporciona importante información para explicar un mecanismo de reacción.

El modo efectivo en el que se describe el camino seguido por un sistema que va desde los reactivos a los productos a través del estado de transición, es por medio de la Coordenada Intrínseca de Reacción  $\xi$  (IRC por sus siglas en inglés), que es el conjunto de movimientos, tales como cambios en distancias interatómicas y ángulos de enlace, que están directamente involucrados en la formación de productos a partir de los reactivos. Es esencialmente un concepto geométrico.

El estado de transición de una reacción es la configuración geométrica de los reactivos que se han aproximado y distorsionado, tanto que cualquier distorsión adicional los transformará en productos.

## Reacciones Alder-eno

Para entender estos conceptos, analizaremos las reacciones Alder-eno. Estas reacciones están definidas como un proceso pericíclico de seis electrones entre un alqueno enlazado a un hidrógeno alílico (un eno) y un enlace múltiple deficiente de electrones (un enófilo), para formar dos enlaces  $\sigma$  con migración del enlace  $\pi$ . Las reacciones Alder-eno están mecanísticamente relacionadas con la síntesis de dienos (reacción Diels-Alder) e incluyen un vasto número de variantes en términos del enófilo usado, como se observa en el esquema 1.



Esquema 1. Reacción General Alder-eno.

Los mecanismos de reacción pueden ser analizados por el concepto de la fuerza de reacción, la cual produce una fragmentación de la coordenada intrínseca de reacción, definiendo regiones en las que se producen interacciones específicas que se llevan a cabo en la reacción [2], ya que los perfiles de energía potencial no proveen de la información directa sobre el mecanismo de reacción. La fuerza de reacción se define como la derivada negativa de la energía potencial con respecto a la coordenada intrín-

seca de reacción  $\xi$ ,

$$F(\xi) = -\frac{dE}{d\xi} \quad (1)$$

Un hecho importante del análisis de fuerza de reacción es que produce una partición racional de la energía de activación, debido a que la energía potencial implícita se define en términos de trabajo, atribuido tanto al reordenamiento estructural como a cambios electrónicos, que se dan en la región de estado de transición. Esto puede ayudar a dilucidar los efectos de solventes y catalizadores en la velocidad de reacción; es decir, si estos cambios

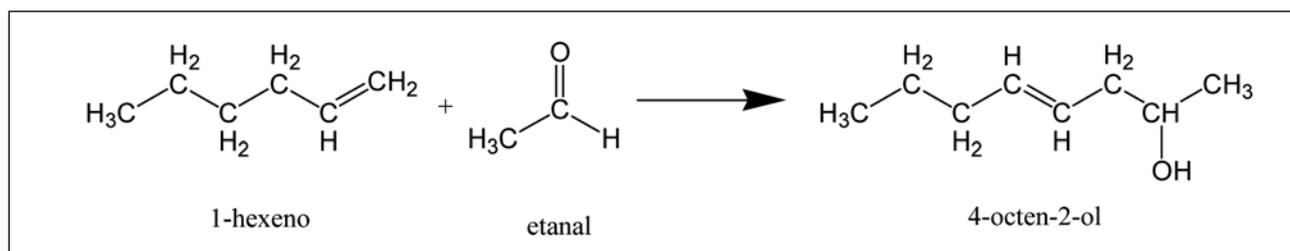
son principalmente estructurales o electrónicos [2, 3].

Para el análisis del mecanismo de reacción, tomaremos como ejemplo la reacción entre el 1-hexeno (eno) y el etanal (enófilo) que presenta un enlace C=O, de acuerdo al Esquema 2. El mecanismo propuesto para este proceso es de una reacción elemental entre los dos reactivos, con la formación de un estado de transición de forma cíclica, que luego se transforma rápidamente en el producto.

En la figura 1 se presenta el perfil de energía potencial para esta reacción, donde se muestran los reactivos, el estado de transición y el producto de la reacción.

En la figura 2 se puede observar el perfil para la fuerza de reacción entre el 1-hexeno y el etanal. En estas dos figuras se puede apreciar que la energía potencial  $E(\xi)$  es mínimo en las posiciones de los reactivos y productos  $\xi_R$  y  $\xi_P$ , y máximo en el estado de transición  $\xi_{TS}$ , sin embargo, la fuerza de reacción  $F(\xi)$  es cero en las posiciones de reactivos, productos y estado de transición,  $\xi_R$ ,  $\xi_P$  y  $\xi_{TS}$ .  $F(\xi)$  presenta un mínimo entre los reactivos y el estado de transición,  $\xi_1$ , y un máximo entre el estado de transición y los productos,  $\xi_2$ ; estos son los puntos de inflexión de  $E(\xi)$ .

En la región de reactivos,  $F(\xi)$  es negativa y lenta debido a que las moléculas se resisten a los cambios estructurales (estiramientos de enlaces, rotaciones, distorsión de ángulos de enlace, etc.). En el mínimo de  $F(\xi)$ ,  $\xi_1$ , los reactivos se puede decir que están en un estado activado  $R^*$  [2]. En la primera parte de la región de estado de transición,  $F(\xi)$  tiene una tendencia positiva porque ocurre la mayor parte de reordenamientos electrónicos (potenciales electrostáticos, momento dipolar, funciones de Fukui, etc.). Estos procesos superan gradualmente la etapa de retardo y se igualan en magnitud en el estado de transición, después  $F(\xi)$  es totalmente positiva.



Esquema 2. Reacción 1-hexeno-etanal.

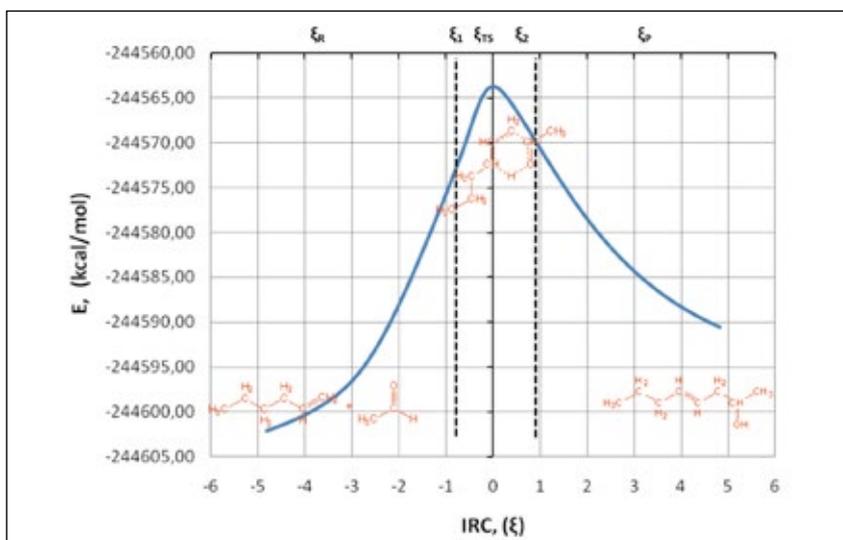


Figura 1. Perfil de energía potencial,  $E(\xi)$ , para la reacción 1-hexeno- etanal.

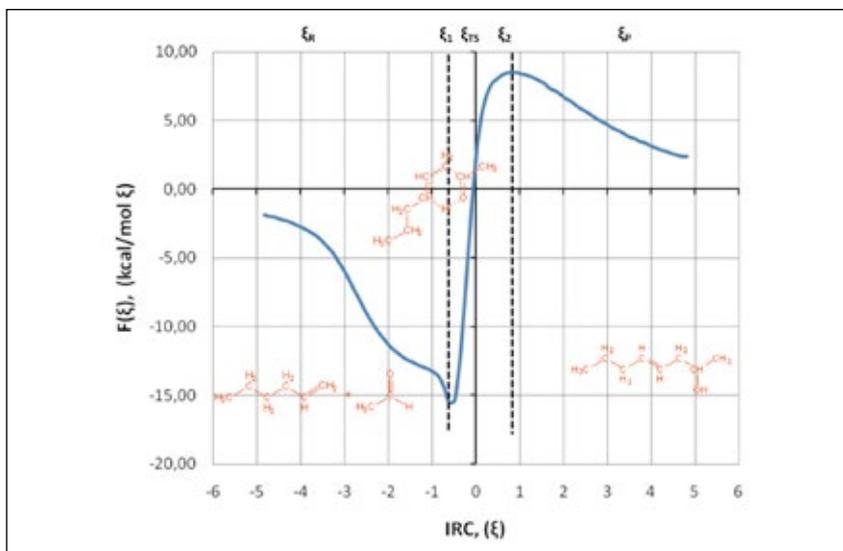


Figura 2. Perfil de fuerza de reacción,  $F(\xi)$ , para la reacción 1-hexeno-etanal.

En el máximo de  $F(\xi)$ ,  $\xi_2$ , el sistema alcanza un estado en el que los productos están activados,  $P^*$ . Al final, en la región de productos se da un relajamiento estructural hasta alcanzar un equilibrio [2].

Estos resultados nos indican que para que los reactivos se transformen en productos, deben sufrir cambios estructurales y electrónicos, es decir, cambios en la geometría de las moléculas y la formación y ruptura de enlaces, que se producen antes de la formación del estado de transición, para luego sufrir nuevos cambios estructurales que

llevan a la formación de los productos. Este resultado está de acuerdo con el conocimiento experimental del mecanismo de esta reacción, donde deben existir cambios geométricos de hibridación de  $sp^2$  a  $sp^3$ , y cambios electrónicos por la formación de dos enlaces  $\sigma$  y el reordenamiento de un enlace  $\pi$ .

### Conclusión

El estudio teórico de la reacción Alder-eno entre el etanal y el 1-hexeno ha permitido conocer en detalle los cambios que se producen en los reactivos al transformarse en

el producto 4-octen-2-ol, una molécula funcionalizada que puede ser utilizada en síntesis orgánica con mayor facilidad que los reactivos iniciales.

Los resultados obtenidos en este trabajo proporcionan un mejor conocimiento, no solo del mecanismo de las reacciones de Alder-eno, sino también de la dinámica fundamental de reacciones entre compuestos que poseen enlaces múltiples.

La comprensión de los mecanismos de reacción de distintos procesos químicos, permite hacer análisis cinéticos respecto de la influencia de la estructura molecular de los reactivos, para transformarse en productos, para establecer modificaciones en los procesos, incluir catalizadores, cambiar las condiciones de reacción, esencialmente para la optimización de las reacciones, en forma especial con fines industriales.

### Literatura consultada

- [1] Peter Atkins, Julio De Paula, Atkin's Physical Chemistry, 8a ed. Oxford University Press. New York, 2006, pp. 833.
- [2] Jaque, P., Toro, A., Politzer, P. y Geerlings, P. (2008). Reaction force constant and projected force constants of vibrational modes along the path of an intramolecular proton transfer reaction, *Chemical Physics Letters*, 456, 1, pp 135-140.
- [3] Flores, P., Gutierrez, S., Silva, E. y Toro, A. (2010). The reaction electronic flux: A new descriptor of the electronic activity taking place during a chemical reaction. Application to the characterization of the mechanism of the Schiff's base formation in the Maillard reaction, *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, 943, 1, pp 121-126.



Por Santiago Burneo



Pinzón de cactus, *Geospiza scandes*, en una flor del cactus *Opuntia*.

Frágil, tierno, curioso, el pinzón otea el horizonte. ¿Está buscando a alguno de sus ancestros evolutivos? o ¿simplemente, está posando para la cámara fotográfica de la eternidad?

Isla Santa Cruz, Galápagos.

# Dos pequeños grandes milagros de las Islas Galápagos

■ Por Santiago Ron y Santiago Burneo



Por Santiago Ron

La zayapa, *Grapsus grapsus*, uno de los organismos más conspicuos de las comunidades intermareales, se alimenta primordialmente de algas, al igual que las iguanas marinas (al fondo) *Amblyrhynchus cristatus*.

Haciendo gala de la mixtura de sus colores, se ha detenido un instante a contemplar el mar y sus encantos. Al mínimo ruido, buscará a toda prisa su refugio entre las rocas.

Playa de los perros, Isla Santa Cruz, Galápagos.

# Renato Valencia: un científico del mundo de las plantas

■ Por Alberto B. Rengifo A.  
(arengifo@puce.edu.ec)



A inicios del año 1999, las autoridades de esa época de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la PUCE me encargaron la tarea de editar y publicar la revista de divulgación científica *Nuestra Ciencia*.

Aceptado el reto, muy entusiasmado, solicité artículos a mis colegas de la Facultad. Como ya lo he mencionado en varias oportunidades, todos ofrecieron escribir, pero a la hora de la verdad muy pocos participaron en este primer número. Uno de los profesores que se entusiasmó con este proyecto fue el Dr. Renato Valencia, y su artículo, “*Tras la bruma, los Andes esconden una inmensa diversidad*”,<sup>1</sup> engalanó este volumen de *Nuestra Ciencia*. Es más, siendo él a la sazón Director del Herbario QCA de la PUCE

<sup>1</sup> Valencia, a medida que el tiempo y sus ocupaciones le han permitido, ha seguido colaborando con *Nuestra Ciencia*. Sus artículos publicados en esta revista son los siguientes: “*Tras la bruma, los Andes esconden una inmensa diversidad*”, 1999; “*¿Cómo crecen y mueren los árboles en los bosques tropicales?*”, 2005; “*Posibles efectos del calentamiento global en las plantas ecuatorianas*”, 2007; “*El enigmático flujo de carbono: ¿cuánto carbono se encuentra acumulado en los bosques del Parque Nacional Yasuni?*”, 2012; “*Ritmos de cambio en poblaciones de árboles y arbustos amazónicos durante 12 años de estudio*”, 2013.

y Director de uno de los proyectos más importantes para la conservación de las especies: “*Estudio de la dinámica de las plantas leñosas del bosque Yasuní*”, aceptó de buen grado concederme una entrevista que me ayudara a escribir un reportaje sobre este megaproyecto.

Conservo vívidos algunos recuerdos de esa entrevista. En primer lugar, su fina atención, cortesía y buen talante. En segundo, en especial, su enorme entusiasmo y convicción de que este proyecto y otros ayudarían al mundo botánico a encontrar respuestas claras a una pregunta básica: “cómo nacen, crecen y mueren las especies”. En esa ocasión, con emoción, manifestaba Valencia: “Si nosotros tuviésemos una idea de cómo cambian las especies a través del tiempo; por ejemplo, si este bosque va a seguir siendo el mismo conjunto de especies de aquí a 20 o 30 años, podríamos entender mejor qué factores afectan su existencia; o podríamos conocer qué especies crecen más rápido y mejor en ciertos ambientes y armar un modelo matemático para sugerir especies con potencial para ensayos de reforestación. Sería como poner 50 hectáreas de bosque bajo la lupa y observarlas durante décadas” (*Nuestra Ciencia*, n.º 1, 1999, p. 25).

Desde entonces, muchos veranos e inviernos han pasado a lo largo de nuestras vidas, y ese joven científico, que cinco años antes de esa entrevista había obtenido su Ph D. en la Universidad de Aarhus, Dinamarca, con la tesis: *Composición y estructura de tres bosques ecuatorianos en altitudes diferentes*, dirigida por el científico danés Henrik Balslev, ha desempeñado con dinamismo y eficacia algunos

cargos: Director del Herbario QCA de la PUCE, Director de la Escuela de Ciencias Biológicas, Subdecano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Director Técnico Científico de FUNDACYT (hoy, SENEYCYT), Director de la Fundación Yasuní. Ha publicado, ya sea como editor, autor o coautor muchas obras que han marcado la historia de la Botánica ecuatoriana. Algunos artículos son complejos y están destinados a los especialistas. Por ejemplo, “*Tree species*

Ha publicado, ya sea como editor, autor o coautor, muchas obras que han marcado la historia de la Botánica ecuatoriana.

*distribution and habitat variation in the Amazon: a large forest plot in Eastern Ecuador*”, describe la gran parcela de estudio que tiene la PUCE en Yasuní, este ha sido citado unas 165 veces y fue publicado en el 2004. Otros son más accesibles; tal es el caso de “*High tree alpha diversity in Amazonian Ecuador*”, que ha sido muy citado en la literatura, alrededor de 220 veces. Este artículo es una publicación que describe la hectárea más diversa en especies de árboles que se haya estudiado en el planeta. Fue un trabajo que realizó en Cuyabeno como parte de su tesis doctoral y lo publicó en 1994. En cuanto a los libros, el más exitoso ha sido *El*

*libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000*, del cual acaba de salir una segunda edición, con Susana León como primera editora. Con este libro, cuyo contenido fue acogido por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como un documento de evaluación del estado de conservación de estas especies, el Ecuador pasó a ser el primer país tropical en haber evaluado la conservación de toda su flora endémica. Este libro tiene además el mérito de ser un texto en el que intervinieron más de 40 botánicos ecuatorianos y extranjeros.

En pocas palabras, este científico ecuatoriano ha contribuido significativamente al desarrollo de la Botánica, la investigación y la docencia en la Universidad ecuatoriana.

Pero olvidemos por un instante al científico del mundo natural, y adentrémonos más bien en algunos aspectos personales que muy pocos conocen, porque como alguien dijo: “los tréboles de tres hojas son tan importantes como los de cuatro porque en ambos hay una estrategia de la savia, un episodio de la clorofila, que los convierte en milagros asombrosos”<sup>2</sup>. Desde esta perspectiva, conozcamos algunos datos significativos de la vida de Renato Valencia. Hizo sus estudios secundarios 1 año en el Colegio Intisana; luego, estudió en el Colegio Nacional Mejía. Antes de seguir la universidad, a los 18 años, visitó Galápagos por un mes. Esta permanencia en las Islas Encantadas como un “explorador incógnito e inexper-

<sup>2</sup> Daniel Samper Ospina, “*El rescate de lo cotidiano. La búsqueda del trébol de tres hojas*”, en *Poder y Medio, Semana*, Bogotá, Aguilar, 2004, p. 95.

to que simplemente se maravilla con todo lo que ve, especialmente con la mansedumbre de los animales y los cambios de la vegetación” (Valencia, entrevista 2012), contribuyó a que se decidiera estudiar Biología; para ello, en 1982, entró a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Su inclinación por la botánica empezó desde muy temprano y se reafirmó conforme avanzaban sus estudios universitarios. En las clases y en los proyectos de investigación del herbario conoció a Catalina Quintana con quien está casado por más de 23 años y tiene 3 hijos.

Un día viernes del mes de febrero, tempranito (7:30 h), voy a la oficina del Dr. Valencia, con el objetivo de realizarle unas cuantas preguntas, cuyas respuestas me ayuden a redondear su perfil humano y académico. Entro expectante a la oficina 216 (que está en el 2.º piso del Edificio de Ciencias), en cuya puerta se lee: **Proyecto Dinámica del Bosque Yasuní. Laboratorio de ecología de las plantas**. Después de un saludo afectuoso tomo asiento frente a él y, mirando sus ojos claros resguardados por unos necesarios lentes, pregunto:

### **¿Qué representa para ti esta profesión de biólogo?**

Representa una forma de vida. La posibilidad de ser reflexivo, de amar el entorno natural, de transmitir el conocimiento a nuevas generaciones, de observar y describir de manera sistemática la naturaleza; la posibilidad de aprender y crecer como ser humano. Todo esto me llena el espíritu y además me da de comer.

### **¿Cómo compaginas tu investigación y docencia con tu vida de hogar?**

Diariamente procuro esforzarme para mejorar como padre y como profesional. Busco un equilibrio entre la profesión y el hogar. También procuro disfrutar de estos dos elementos que son la razón de mi existencia.

### **¿Cuál es tu máxima aspiración como científico y como padre de familia?**

Como científico aspiro a producir ciencia, a procesar y sintetizar la información que con ayuda de

Como padre  
aspiro a ser  
equilibrado,  
tolerante y a tener  
sabiduría para  
orientar a mis  
hijos.

muchas personas hemos recolectado por más de 15 años. El aprendizaje es continuo. Como padre aspiro a ser equilibrado, tolerante y a tener sabiduría para orientar a mis hijos.

### **¿Cómo te sientes en nuestra Facultad?**

Me siento bien, agradecido de la vida por poder hacer lo que me gusta. Gozo de una libertad académica enriquecedora, pues constituye un compromiso para hacer lo que tenemos que hacer de la mejor manera posible. Esta libertad académica es un bien preciado que ennoblece a la

PUCE y nos compromete a retribuir con productividad.

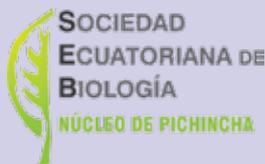
La entrevista termina. Me despidió de él, como lo hice exactamente hace trece años: con un fuerte apretón de manos, una sonrisa y un gracias que quiere decir, entre otras cosas, gracias amigo por lo que eres y representas; gracias por ser el incansable paladín de una lucha que a todos nos compete: hacer todo lo posible para que la tierra, nuestra tierra, nuestra naturaleza, sea el hábitat digno y placentero del hombre, de este ser humano capaz de destruir y odiar; pero capaz sobre todo de construir y amar.

No hay duda, ayer como hoy, Renato Valencia sigue enamorado de su profesión: la Botánica. Sigue empeñado en descifrar ese medio megadiverso que es el Ecuador; continúa tenaz su lucha por legar a las generaciones venideras la verdadera conciencia de respeto y amor a nuestra naturaleza, de aquel mundo natural en el que “las plantas nativas se apropian del espacio y se disputan cada rayo de luz que atraviesa el entramado ramaje de los árboles. Tallos retorcidos, flores de vistosos colores, orquídeas, bromelias, numerosos helechos y musgos tapizan el ambiente, e innumerables formas de vida vegetal aparecen en medio de la neblina que con frecuencia lo cubre todo. Epífitas (plantas adheridas a otras plantas), hierbas, arbustos y árboles nos transportan a un paisaje paradisíaco. Aquí los naturalistas caminan abstraídos, ajenos a la civilización, maravillados por la naturaleza” (Valencia, en *Nuestra Ciencia*, n.º 1, 1999, p. 33).



# Ecós de las XXXV Jornadas Nacionales de Biología, 2011

■ Por Santiago Burneo



Las Jornadas Nacionales de Biología constituyen el suceso académico más importante para los profesionales y estudiantes de ciencias de la vida en el Ecuador. Se han celebrado ininterrumpidamente por 36 años desde que en el año de 1977 se organizó en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador la primera reunión. Las Jornadas Nacionales se realizaron en nuestra Facultad en los años de 1977, 1981, 1985, 1990, 1995, 2000, 2002 y 2006. En el 2011, al cumplirse 35 años de ese primer encuentro, la PUCE volvió a ser la sede de este evento dejando un legado histórico importante en esta ocasión.

Por otro lado, entre el 2010 y el 2011 se cumplen tres acontecimientos importantes para la investigación mastozoológica de nuestro país. El primero de ellos sucede en noviembre de 2010: se crea la Asociación Ecuatoriana de Mastozoología (AEM) como un grupo de profesionales dedicados al estudio y conservación de la fauna de mamíferos del Ecuador. Una de las principales actividades de este cuerpo colegiado es la de organizar congresos regulares para que los mastozoólogos puedan compartir sus investigaciones con la comunidad científica del país, lo cual origina el segundo hecho importante: la organización del Primer Congreso Ecuatoriano de Mastozoología como evento paralelo a las XXXV Jornadas Nacionales de Biología.

Ambos sucesos se convierten, en conjunto, en el encuentro más exitoso de biólogos en la historia del Ecuador, pues, participan, entre expositores y asistentes, un total de 514 personas, nú-

mero nunca antes alcanzado para este tipo de eventos, se presentan un total de 154 trabajos de exposición oral (110 en Jornadas Nacionales de Biología y 44 en el Congreso Ecuatoriano de Mastozoología) y 26 trabajos en modalidad de póster (14 en Jornadas y 12 en el Congreso), todos ellos de gran calidad científica.

Se dictaron trece conferencias magistrales, a lo largo de los dos eventos. En las Jornadas Nacionales de Biología los conferencistas magistrales fueron el Dr. Javier Carvajal, la Dra. Lien González, el Dr. Mario Grijalva, el Dr. Omar Torres, el Dr. Santiago Ron, la Dra. Jeannete Zurita y el Dr. Eric Fortune quien vino desde Baltimore para acompañarnos. En el Congreso de Mastozoología pudimos escuchar las conferencias magistrales de la Dra. Stella de la Torre, del Dr. Galo Zapata, del Dr. Andrés Link, del Dr. Hugo Mantilla-Meluk, actual presidente de la Asociación Colombiana de Mastozoología, y las teleconferencias del Dr. Robert Baker, curador de mamíferos del Museo de la Universidad Técnica de Texas en Lubbock, y del Dr. Bruce Patterson, curador de mamíferos del Field Museum de Chicago.

En estas Jornadas Nacionales de Biología, como actos culminantes de los eventos se premiaron a los mejores trabajos de cada uno; en esta oportunidad, Diego Armando Ortiz Yépez (PUCE) presentó el mejor trabajo oral; en cambio, Diego Alejandro Batallas Revelo (UCE) expuso el mejor póster. En el Congreso Ecuatoriano de Mastozoología, se instauró el premio “René

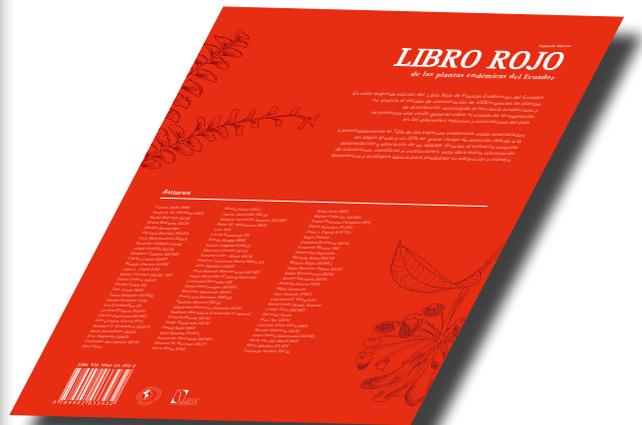
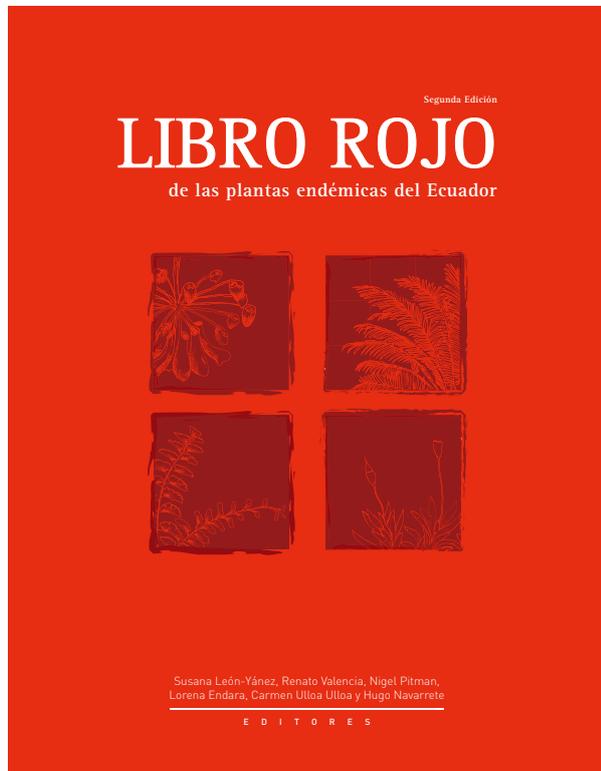
Fonseca” en homenaje a nuestro recordado y querido colega y amigo, cuya designación recayó en Pamela Rivera y Paula Iturralde como primero y segundos puestos, ambas de la Sección Mastozoología del Museo de Zoología de la PUCE.

El tercer acontecimiento importante para la mastozoología ecuatoriana es la creación del Programa de Conservación de Murciélagos del Ecuador (PCME), constituido en la tarde del 19 de noviembre de 2011, al cierre del evento, como un programa adscrito a la AEM que busca iniciativas de investigación, educación ambiental y conservación de los murciélagos del Ecuador. A pocas semanas de constituido, el PCME debe afrontar la crisis de salubridad por la infección de rabia por murciélagos hematófagos en la provincia de Morona Santiago. Se publican varias entrevistas en medios escritos del país sobre la posición del PCME frente al problema y se consigue el apoyo de la organización internacional Bat Conservation International (BCI) para iniciar desde febrero de 2011 una campaña intensiva de educación ambiental sobre las precauciones que se deben tener para evitar el contagio y saber de la importancia de los murciélagos en los ecosistemas naturales. Esta campaña está dirigida a comunidades, escuelas y colegios de las zonas afectadas y de la Amazonía para intentar mejorar la percepción de la ciudadanía sobre este importante grupo faunístico.



## Segunda edición

# Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador



**E**DITORES: Susana León-Yáñez, Renato Valencia, Nigel Pitman, Lorena Endara, Carmen Ulloa Ulloa y Hugo Navarrete.

En esta segunda edición del *Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador*, se analiza el estado de conservación de 4500 especies de plantas de distribución restringida al territorio ecuatoriano y se incluyen mapas de distribución para cada especie.

En los capítulos introductorios, especialistas en la flora ecuatoriana realizan un análisis del estado de conservación de la flora endémica y se presenta una visión general sobre el estado de la vegetación en las diferentes regiones naturales de nuestro país. Además, se analiza el nivel de conservación de los ecosistemas terrestres del Ecuador continental con base en su nivel de transformación y protección.

Entre los resultados más relevantes y alarmantes, a la vez, se encon-

tró que lamentablemente el 78% de las especies de plantas endémicas del Ecuador están amenazadas en algún grado, y un 32% corren grave riesgo de extinción. Las mayores amenazas son la deforestación y alteración de su hábitat.

Gracias al esfuerzo conjunto de numerosos científicos e instituciones a nivel mundial, esta obra reúne información taxonómica y ecológica básica para posibilitar la protección y manejo de la flora endémica ecuatoriana (Susana León-Yáñez).





**REPSOL**

*El mundo necesita energía para su desarrollo  
Y todos la necesitamos para vivir mejor.*

El compromiso de Repsol es asegurar esa energía  
buscando soluciones respetuosas con nuestro planeta  
y con las personas que lo habitamos.



*Inventemos el futuro*



***Smilax fruticosa* H. Rob.**

“Jícama” o “Colla”. Se la cultiva en los valles secos interandinos por sus tubérculos. Es nativa del Ecuador. La infusión de las hojas, flor y tallo, con limón, se toma para tratar inflamaciones de las vías urinarias. La planta entera se usa en la “curación” del mal aire.