

Publicación anual. Número 19

Quito, mayo de 2017

# Nuestra Ciencia



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



# Comprometidos con el Ecuador

Operamos en el Ecuador en los Bloques 16 y  
Tivacuna con nuestros socios Opec, Sinchem y  
Tip Top Energy Ltd., subsidiaria de Eniopec.



[www.repsol.com](http://www.repsol.com)



## Institut de recherche pour le développement

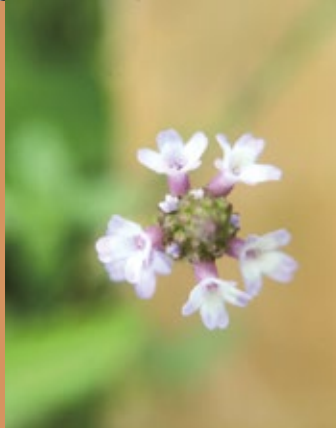
7



21



28



32



35



# Contenido

## Actualidad Científica

- 3** La creciente importancia de la morfometría geométrica en la sistemática: el ejemplo de los Triatominae  
■ Anita G. Villacís
- 7** YASUNI.EC un sistema de información de datos abiertos para la investigación y educación  
■ Luis Cárdenas Pasato
- 10** ¿Cómo se descubren y desarrollan nuevos medicamentos?  
■ Paola Canelos y Jaime Costales
- 14** Modelación computacional de fármacos  
■ Lorena Meneses Olmedo y Sebastián Cuesta Hoyos
- 17** Cuando una imagen NO dice más que mil palabras  
■ M. Alejandra Camacho
- 21** Los hongos que se comen la madera  
■ María Eugenia Ordoñez
- 24** La rana que no sabía que la estaban hirviendo  
■ Pol Pintanel, Luis M. Gutiérrez-Pesquera, Andrés Merino-Viteri, Miguel Tejedo
- 28** Plantas medicinales de Ecuador: usos tradicionales, estrategias, marco legal y algunos datos estadísticos nacionales e internacionales  
■ Omar Vacas Cruz

## Curiosidades Científicas

- 32** *Passer domesticus* vs. *Zonotrichia capensis*: invasor y nativo en el mismo ambiente andino  
■ Tjitte de Vries
- 35** Whympet, los Carabidae y el cambio climático Edwar Whympet (1840 – 1911)  
■ Álvaro Barragán
- 38** Estudiar invertebrados... ¿y con qué se come eso?  
■ Fernanda Salazar y David Donoso
- 41** Campaña de lavado de manos en niños y jóvenes. Con manos limpias estamos sanos  
■ Iliana Alcocer, María Fernanda Yauri y Mercedes Rodríguez-Riglos
- 44** Para una alfabetización ecológica  
■ Olivier Dangles
- 47** Crónicas cromatográficas: de escribir con colores a descifrar estructuras  
■ Eliza Jara
- 51** Mujeres en la Ciencia  
■ Verónica Crespo-Pérez

## Instantáneas

- 56** Seres milenarios y misteriosos del Yasuní.  
■ Rubén Jarrín E.

## Gente que hace historia

- 57** Tjitte de Vries: un maestro, un amigo, un científico inolvidable  
■ Alberto B. Rengifo A.

## Noticiencia

- 60** Donar sangre para mejorar la salud del paciente  
■ Rosita Chiriboga

**DECANO**

Mtr. Esteban Baus C.

**EDITOR**

Dr. Alberto Rengifo A.

**CONSEJO EDITORIAL Y REVISIÓN DE TEXTOS**

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

**CORRECTOR DE TEXTOS**

Dr. Alberto Rengifo A.

**COLABORARON EN ESTE NÚMERO**

Dra. Iliana Alcocer,  
M. Sc. Álvaro Barragán,  
M. Sc. M. Alejandra Camacho,  
Mtr. Paola Canelos,  
Dr. Jaime Costales,  
Mtr. Luis Cárdenas,  
Mtr. Sebastián Cuesta,  
Dra. Verónica Crespo,  
Dr. Olivier Dangles,  
Dr. David Donoso,  
Dr. Tjitte de Vries,  
Dr. Jean-Pierre Dujardín,  
Dr. Luis M. Gutiérrez  
Dr. Mario J. Grijalva,  
M. Sc. Eliza Jara,  
Dra. Lorena Meneses,  
Máster Andrés Merino,  
Dra. María Eugenia Ordóñez,  
Mtr. Pol Pintanel,  
Dr. Alberto Rengifo A.,  
Mtr. Mercedes Rodríguez  
Lic. Fernanda Salazar,  
Dr. Miguel Tejedo,  
Magíster Omar Vacas,  
Dra. Anita Villacís,  
Lic. Soledad Santillán-Guayasamín,  
Mtr. Fernanda Yaurí.

**DISEÑO, DIAGRAMACIÓN E IMPRESIÓN**

Imprenta Hojas y Signos  
hojasysignos@gmail.com, 3319298

TIRAJE: 1000 ejemplares

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

NÚMERO 19, MAYO DE 2017

ISSN: 1390-1893

Quito, Ecuador

Revista *Nuestra Ciencia* n.º 19.

[http://issuu.com/hojas/docs/revista\\_nuestra\\_ciencia\\_no19](http://issuu.com/hojas/docs/revista_nuestra_ciencia_no19)

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



Por Esteban Baus C.

Vista aérea de la Estación Científica Yasuní.

# Editorial

**N**adie ignora que el calentamiento global tiene su origen en un tipo de comportamiento humano violento con la naturaleza. El papa Francisco lo sabe muy bien cuando dice en su encíclica

*Laudato Si'*: “Nunca hemos maltratado y lastimado nuestra casa común como en los dos últimos siglos... estas situaciones provo-

can el gemido de la hermana Tierra, que se une al gemido de los abandonados del mundo, con un clamor que nos reclama otro rumbo”. ¿Y cuál es ese rumbo que reclama nuestra hermana tierra? Para el gran pensador contemporáneo Leonardo Boff, este nuevo rumbo es crear “una ética regeneradora de la Tierra, que le devuelva la vitalidad vulnerada a fin de que pueda continuar regalándonos todo lo que siempre nos ha regalado. Será una ética del cuidado, de respeto a sus ritmos y de responsabilidad colectiva”.

*Nuestra Ciencia* ratifica una vez más su convicción de ponerse al servicio de los hombres y de la naturaleza; por esto, continúa produciendo artículos de divulgación científica que nos convoque y aliente a conocer no solo los vericuetos de la ciencia sino en especial los vericuetos del alma, porque solo así podremos cultivar la vida del espíritu que es nuestra “dimensión radical, donde se albergan las grandes preguntas, anidan los sueños más osados y se elaboran las utopías más generosas”.

Le invito, entonces, amable lector, que, con esta perspectiva iluminadora de su espíritu, se deleite leyendo todos y cada uno de los artículos que se presentan en este volumen. Unos, apuntándole a la actualidad científica, nos hacen entender por ejemplo la creciente importancia de la morfometría geométrica en la sistemática, nos impelen a utilizar un sistema de información de datos abiertos para la investigación y educación, nos enseñan cómo se descubren y desarrollan nuevos medicamentos o nos recuerdan los usos tradicionales y algunos datos estadísticos de las plantas medicinales en el Ecuador. Otros, quedándose en la anécdota y en la curiosidad científica, nos invitan a recordar, por ejemplo, cómo un buen lavado de manos puede asegurar una salud sana, cómo pueden convivir en santa paz el gorrión europeo y el gorrión nativo andino, o entender para qué sirve estudiar a los invertebrados, la relación que existe entre los carabidae y el cambio climático, etc., etc.

En fin, amable lector, no cabe duda de que la lectura de estos artículos satisfarán sus deseos de conocimientos; pero asimismo le harán tomar conciencia de que “somos lo que somos porque tenemos un pasado común y solo seremos algo en el futuro si actuamos unidos para el porvenir”.

Dr. Alberto B. Rengifo A.

Quito, miércoles 31 de mayo de 2017.

# La creciente importancia de la morfometría geométrica en la sistemática: el ejemplo de los Triatominae

■ Por Anita G. Villacís, Soledad Santillán-Guayasamín, Jean-Pierre Dujardin y Mario J. Grijalva  
 Centro de Investigación para la Salud en América Latina (CISeAL)  
 agvillacis@puce.edu.ec; solsg.25@gmail.com; dujjeipi@gmail.com; grijalva@ohio.edu

*“La morfología de una especie no es rígida, presenta variaciones, y para estudiarla de manera científica es importante poder cuantificar las mismas”.*

Jean-Pierre Dujardin

La morfología es una disciplina que estudia el fenotipo, esta permite interpretar relaciones funcionales y adaptaciones al hábitat por parte de las distintas especies (Catalá y Dujardin, 2007). Las causas adaptativas se refieren a la selección de genotipos adaptados a un ambiente externo particular. Típicamente, son modificaciones asociadas a las regiones geográficas y en ecotopos diferentes. Las variaciones climáticas o ecológicas no seleccionan directamente a los genotipos, pero seleccionan a los fenotipos. Los fenotipos “óptimos” sobreviven y se reproducen.

La diversidad fenotípica o biológica es el resultado de la interacción del genotipo con el medio ambiente, ya sea a nivel eco-geográfico, adaptación al hábitat y/o preferencia a un hospedero (Dujardin *et al.*, 2009). La morfología cuantitativa permite expresar numéricamente esta diversidad, siendo las técnicas más utilizadas en triatominae: análisis del fenotipo y la morfometría.

## Los Triatominae

La importancia de los Triatominae en la Salud Pública radica en su condición de ser insectos transmisores del parásito, *Trypanosoma cruzi*, agente causal de la Enfermedad de Chagas (ECh), tanto a nivel silvestre como en los hábitats peridomiciliar y domiciliar, donde algunas especies transmiten este parásito a humanos y/o a sus animales domésticos. Muchas de las especies de Triatominae se encuentran en ambientes silvestres asociados a hospederos vertebrados, ocupando nidos de mamíferos y aves.

Un total de 140 especies de Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), sobre las 148 publicadas, han sido reconocidas como vectores de la ECh en América (Schofield y Galvao, 2009). De ese total, dieciséis han sido reportadas en Ecuador y dos de ellas han sido consideradas como los principales transmisores de *T. cruzi*, *Rhodnius ecuadoriensis* y *Triatoma dimidiata*. La sistemática de los Triatominae, y en particular el reconocimiento de las especies, es clave para el manejo de la enfermedad, ya que ayuda a la evaluación de los riesgos de transmisión de este mal.

## La variación morfológica

Según Catalá y Dujardin (2007), la variación morfológica puede deberse a las siguientes causas:

(i) **Fisiológicas**, el crecimiento de un organismo, en el que se cambian las dimensiones anatómicas de un determinado órgano o unidad funcional, afectando las proporciones del organismo final (geometría).

(ii) **Patológicas**, que afectan o producen inestabilidad en el crecimiento o desarrollo de un organismo, modificando de manera visible la morfología del espécimen; estas pueden ser inducidas por mutación, o por intoxicación (insecticidas). Variaciones más discretas pueden detectarse al examinar la simetría del individuo.

(iii) **Genéticas**, el crecimiento del organismo se produce principalmente durante la morfogénesis, y el control genético regula la secuencia que influye en el crecimiento y desarrollo de cada órgano.

Estas consideraciones permiten entender que la estructura poblacional y, en especial, el aislamiento poblacional, pueden generar variaciones morfológicas intra-específicas

lares, permite describir nuevas especies, como es el caso de *R. barretti* (Abad-Franch *et al.*, 2013).

(iii) el análisis de la forma externa del huevo, demostró que este estadio permite la identificación de especies mediante la forma. Se observó dos tipos de huevos: con cuello, construcción en la parte opercular del huevo, típico de la tribu Rhodniini, y sin cuello, típico de la tribu Triatomini (Santillán-Guayasamín *et al.*, 2017) (Fig. 4).

### ¿Cuáles son los proyectos futuros de la Unidad de Entomología Médica-Triatominae?

El conocimiento en Triatominae del Ecuador está en sus fases iniciales, por lo que el CISeAL tiene muchos proyectos a futuro y está abierto a nuevas ideas de estudio. Es necesario realizar estudios morfométricos también con estadios ninfales (huevos y ninfas) para poder evaluar las estrategias de control, y de esta manera evitar la sucesión ecológica.

Cabe recalcar que la MG, al ser una técnica de bajo costo y de fácil acceso, puede permitir estudios que nos ayudarán a comprender de mejor manera el comportamien-

to, historia evolutiva, endemismo, sistemática, estructura poblacional, entre otras interrogantes que tenemos acerca de estos insectos transmisores. Adicionalmente, las especies de mayor importancia epidemiológica son aquellas que tienen la capacidad de adaptarse a vivir en estrecho contacto con el hombre, colonizando viviendas rurales, lo cual sería muy importante entender para tomar decisiones adecuadas en los métodos de control. Por ejemplo, un método de control específico en una región, no necesariamente se podrá aplicar en otra.

### Finalmente, resaltamos algunos de nuestros objetivos futuros:

Comparar si existe un paralelismo entre la información que se obtiene de los adultos y de los huevos, entendiendo que los primeros posiblemente están bajo mayor influencia ambiental que los segundos.

Complementar los análisis de morfometría geométrica con análisis moleculares, lo cual nos permitirá caracterizar completamente a las especies de triatominos ecuatorianos.

Instaurar un banco de imágenes de alas, cabezas y huevos de especies ecuatorianas.

Finalmente, dar a conocer las facilidades que la morfometría geométrica otorga a las diferentes ramas de biología, incentivando su utilización en otros modelos de estudio, no solo en los Triatominos.

### Bibliografía

1. Abad-Franch, F., M. G. Pavan, N. Jaramillo-O, F. S. Palomeque, C. Dale, D. Chaverra, *et al.* 2013. *Rhodnius barretti*, a new species of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) from western Amazonia. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 108(Suppl. 1):92–99.
2. Catalá, S.S, y Dujardin, J.P. 2007. Los triatominos bajo el enfoque de la morfología cuantitativa. En: *Triatominos de Bolivia y la enfermedad de Chagas*. Ministerio de Salud y Deportes, Unidad de Epidemiología Programa Nacional de Chagas. Edición Mirko Rojas Cortéz. pp. 173-190.
3. Dujardin, J.P., Costa, J., Bustamante, D., Jaramillo, N., Catalá S. 2009. Deciphering morphology in Triatominae: the evolutionary signals. *Acta Tropica* 110: 101–111.
4. Santillán-Guayasamín, S., Villacís, A. G., Grijalva, M. J. and Jean-Pierre Dujardin. (2017). The modern morphometric approach to identify eggs of Triatominae. *Parasites and Vectors* 10:55 (31 January). DOI 10.1186/s13071-017-1982-2.
5. Schofield, C.J. and Galvão, C. 2009. Classification, evolution, and species groups within the Triatominae. *Acta Tropica* 110: 88-100.
6. Villacís, A.G., Grijalva, M.J., Catalá, S.S. 2010. Phenotypic variability of *Rhodnius ecuadoriensis* populations at the Ecuadorian central and southern Andean region. *Journal of Medical Entomology* 47:1034-1043.

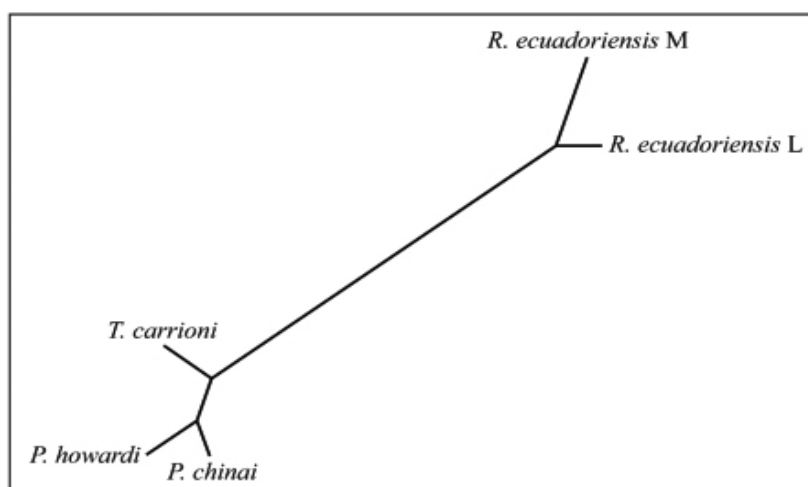


Figura 4. Variación de la forma externa de los huevos de Triatominae a nivel de tribu (Triatomini vs. Rhodniini), especie (*Panstrongylus chinai*, *P. howardi*, *Rhodnius ecuadoriensis* y *Triatoma carrioni*) y población (Loja vs. Manabí de *R. ecuadoriensis*). Árbol Neighbor-joining.

asociadas a variaciones genéticas. En la medida en que la estructuración poblacional tenga un papel en la formación de las especies, tales cambios morfológicos se pueden llamar variaciones micro-evolutivas (Catalá y Dujardin, 2007).

### La morfometría: técnica para analizar la variación morfológica

La morfometría es la descripción cuantitativa, análisis e interpretación de la forma y la variación de la misma como resultado del crecimiento, tratamientos experimentales o evolución. Esta técnica describe y compara la forma de un organismo o de una estructura particular de este.

Existen dos tipos: (i) la morfometría tradicional (MT), que se basa en la medición de distancias lineares entre puntos anatómicos y (ii) la morfometría geométrica (MG), fundamentada en la captura de la geometría del objeto de estudio mediante puntos de referencia o *landmarks* (Fig.1). La selección de variables reduce el volumen de datos, sin perder la habilidad de representar la forma de las estructuras de una manera adecuada.

La MG es una técnica novedosa que se desarrolla en respuesta a varias limitaciones de la MT, cambiando la descripción de la forma en términos de sus dimensiones, a la relación espacial entre los puntos anatómicos de referencia, lo que es conocido como forma o conformación.

La morfometría intenta dividir los componentes genético y ambiental de los rasgos examinados. Esto significa que esta técnica permite estudiar por separado la conformación y el tamaño, relacionando estos componentes con el entorno interno y externo de las poblaciones, asumiendo que ambos pueden ser modificados por razones biológicas diferentes.

El componente conformación presenta mayor estabilidad y se supone que su análisis informa sobre la variación genética; mientras que el componente tamaño es más sensible a variaciones ambientales. En los análisis morfométricos puede ser importante contestar si los cambios morfométricos que se observan en las poblaciones son de naturaleza genética o ambiental. La información que se pueda extraer

de la variación geométrica ayuda a responder de manera preliminar a la pregunta de las causas de la variación. Estas causas no siempre pueden ser dilucidadas por el enfoque morfométrico, y, en ciertas situaciones, es necesario complementar los estudios con análisis moleculares.

### La Morfometría Geométrica (MG) y los Triatominos

Los estudios morfométricos contribuyen sustancialmente al entendimiento de la historia evolutiva y micro-evolutiva de Triatominae, y los datos provistos por la fenética de poblaciones son necesarios para la optimización de programas de control que se dirigen a la reducción del riesgo de la transmisión natural de esta enfermedad. Entendiéndose que la fenética de poblaciones se trata del estudio de la estructura poblacional con marcadores fenéticos.

En la programación de un sistema de vigilancia y control de la ECh, se debe considerar que las posibles causas de la re-infestación son:

- (i) focos de poblaciones residuales,
- (ii) inadecuado procedimiento

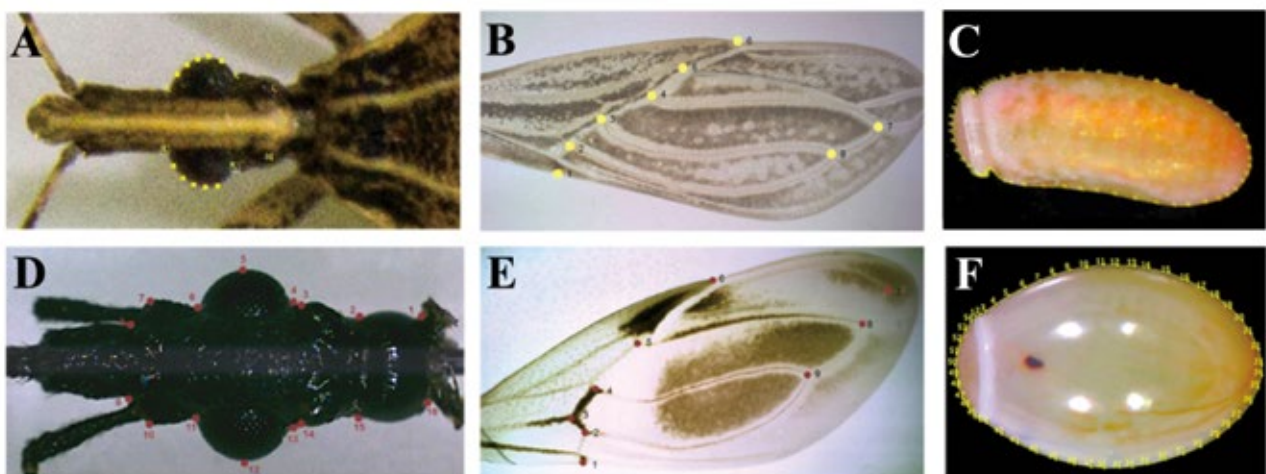


Figura 1: Ejemplos de estructuras para análisis de morfometría geométrica en Triatominae. (A) cabeza en vista dorsal, (B) ala derecha y (C) huevo en posición lateral de *Rhodnius ecuadoriensis*. (D) cabeza en vista dorsal, (E) ala derecha y (F) huevo en posición ventral de *Panstrongylus chinai*. Los puntos indican los *landmarks* usados para los diferentes análisis, el número indica el orden de estos puntos de referencia.

de rociamiento, generando posible resistencia en las poblaciones, y

(iii) re-infestación de las unidades domiciliarias por parte de los triatomíneos silvestres, ya sea por invasión activa desde los ambientes silvestres a los ambientes humanos o por medio de transporte pasivo, mediante seres humanos y animales de otras comunidades que presentan infestación por estos insectos.

Además, los huevos que son puestos en lugares de difícil acceso (grietas y hendiduras) pueden no ser afectados por los químicos, y debido a la disminución del efecto residual del insecticida los individuos que emergen (ninfas) tampoco serían eliminados. Siendo la MG un marcador fenético que permite identificar la posible fuente de re-infestación.

La MG ha sido utilizada para estudios de diferenciación de hábitats y/o diferenciación geográfica (estructura poblacional), en taxonomía y sistemática, diversidad biológica, biología evolutiva y diferenciación sexual en las distintas especies de Triatominae.

Sin embargo, la falta de publicaciones a nivel de morfometría de las especies de Triatominae ecuatorianas recalca la importancia de incrementar este tipo de estudios. Los trabajos publicados sobre especies de Triatominae del Ecuador conciernen mayormente a aspectos de eco-epidemiología, ciclos de vida y pocos se centran en la variabilidad fenética intra e inter específica, y eso a pesar de la gran diversidad de especies y la complejidad de los biomas observados en este país.

Hasta el momento, al realizar una búsqueda en PubMed de las palabras Triatominae y Ecuador, hemos encontrado aproximadamente 23 artículos. Si nos centra-

mos solo a nivel de morfometría se encuentran menos de cinco publicaciones. Sin embargo, esta técnica fuera del país es altamente utilizada en este grupo, tal como se muestra en la

Fig. 2. En cuanto a la existencia de bases de imágenes

para análisis morfométricos, solo se ha encontrado bases con imágenes de alas y cabezas (ejemplo <http://mome-clic.com/clic-bank/> y recientemente <http://wingbank.com.br/> especializado en Culicidae), siendo inexistente el registros de imágenes de especies del Ecuador, al igual que imágenes para análisis morfométricos de huevos de triatomíneos.

Los estudios de morfometría en especies ecuatorianas son los siguientes:

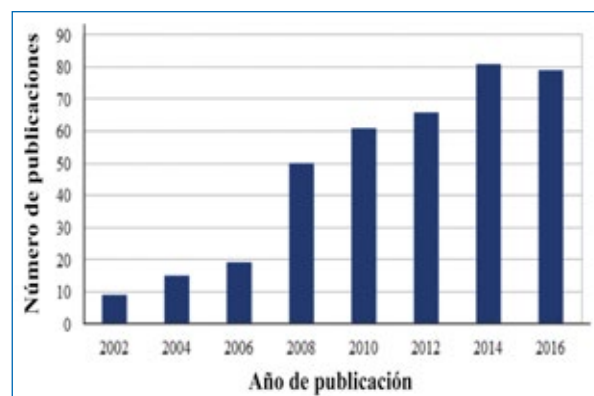


Figura 2: Número de publicaciones encontradas en el buscador PubMed sobre morfometría de los Triatominae.

(i) el análisis de fenotipo del principal vector del Ecuador, *R. ecuadoriensis*, donde se observa el dimorfismo sexual de la especie, la diferenciación en la forma alar de las poblaciones Loja y Manabí y la diferencia entre especímenes colectados en tres hábitats: domiciliario, peridomiciliario y silvestre (Villacís *et al.*, 2010) (Fig. 3).

(ii) el análisis morfométrico de la cabeza de dos especies del género *Rhodnius*, demostró que esta técnica combinada con análisis molecu-

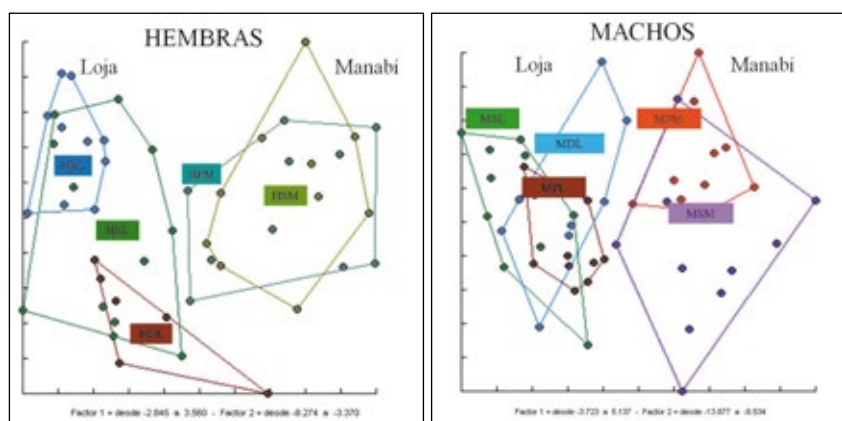


Figura 3. Variación sexual, de hábitat y geográfica del análisis de morfometría geométrica (MG) alar de hembras y machos de *Rhodnius ecuadoriensis* colectados en las provincias de Manabí y Loja. Análisis Discriminante de la forma alar de (A) las hembras y (B) los machos. Las hembras de Loja demuestran diferencias significativas entre los tres hábitats; mientras que los machos no presentan diferencias significativas. En Manabí, las hembras y machos no muestran diferencias significativas entre hábitats.

HDL, hembras domiciliarias Loja; HPL, hembras peridomiciliarias Loja; HSL, hembras silvestres Loja; HPM, hembras peridomiciliarias Manabí; HSM, hembras silvestres Manabí; MDL, machos domiciliarios Loja; MPL, machos peridomiciliarios Loja; MSL, machos silvestres Loja; MPM, machos peridomiciliarios Manabí; MSM, machos silvestres Manabí.



# YASUNI.EC un sistema de información de datos abiertos para la investigación y educación

■ Por Mtr. Luis Cárdenas Pasato  
Investigador Asociado a la Estación Científica Yasuní  
lcardenas690@puce.edu.ec

**S**i usted antes de leer este artículo se encontraba en su domicilio, oficina, vehículo o caminando por la calle utilizando algún dispositivo electrónico conectado a internet y buscando información, déjeme decirle que es parte de la sociedad de la información.

Sin duda alguna, en las últimas décadas el desarrollo del Internet y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) ha traído consigo una serie de transformaciones sociales, culturales y económicas vinculadas con la producción, procesamiento y distribución de información; lo cual ha generado cambios sin precedentes en la dinámica de las distintas actividades del ser humano, y la ciencia y tecnología no han sido ajenas a esta realidad.

¿Vivimos en una época de cambios o un cambio de época? Lejos de profundizar temas semánticos, no podemos negar que la humanidad se encuentra en una época de continuos cambios tecnológicos; por lo tanto, si consideramos que vivimos en la “Era de la Información” donde se destacan las nuevas tecnologías en todos los ámbitos de la sociedad, esta modernidad afecta de forma directa en la vida cotidiana de los ciudadanos, modificando sus hábitos de comportamiento y relaciones sociales.

Por lo expresando anteriormente y trasladando estas apreciaciones al quehacer académico de la universi-

dad ecuatoriana, la investigación y la producción científica deben apoyarse en las TICs y en herramientas tecnológicas, que permitan la divulgación y el acceso a la información de una manera ágil y oportuna, socializando el conocimiento científico a los diversos sectores de la población y no únicamente a un público especializado o puramente científico.

Conscientes de estos cambios en la sociedad del conocimiento, la Estación Científica Yasuní ha desarrollado un concepto de comunicación que fomente el uso de la información en la investigación científica y en la educación para la conservación de los recursos naturales, a través de un portal Web y un sistema de datos abiertos que promueve el acceso libre a la información, siendo pionero en la Amazonia ecuatoriana en contar con un concepto que maneja las Tecnologías de la Información y Comunicación como un medio de acercamiento y vinculación con la comunidad científica y personas no especializadas.

## Portal Web de la Estación Científica Yasuní

Mediante WordPress, que es una avanzada plataforma semántica de publicación personal orientada a la estética, de acceso libre y gratuito ([www.wordpress.com](http://www.wordpress.com)) se desarrolló el Portal Web de la ECY (Estación Científica Yasuní) que promueve, a través de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el espacio académico, el “conocimiento abierto” (Open knowledge)

que permita acceder al repositorio de información de la ECY promoviendo una cultura de libre acceso al conocimiento.

El portal Web de la ECY, ([www.yasuni.ec](http://www.yasuni.ec)) tiene como base un sistema de información que presenta estadísticas de la producción científica, un visor geográfico con información descargable relevante para la planificación territorial del área operativa de la ECY, información en temáticas de la interpretación ambiental, educación ambiental, biodiversidad, fotografía de libre acceso y descarga (Fig. 1).

## El Sistema de Información de la Estación Científica Yasuní

Diseñado y construido bajo el concepto de datos abiertos (open data en inglés) que puntualiza que cualquier dato se encuentre accesible, liberado, publicado o expuesto sin naturaleza reservada o confidencial y que pueden ser utilizados y distribuidos o integrados a nuevos datos para facilitar el uso interactivo de la información (SNI, 2017).

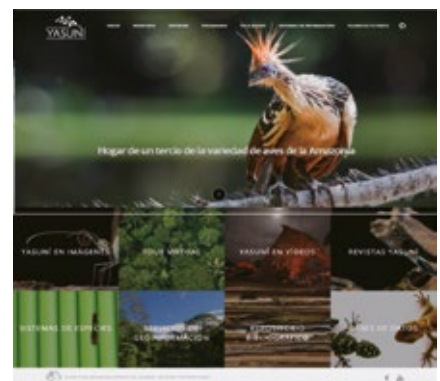


Figura 1. Página principal del portal Web de la ECY.

La información contenida en el Sistema de Información de la ECY tiene tres características básicas: completa, confiable y oportuna (Noda, 2013). Fue desarrollado por un equipo multidisciplinario de docentes de las Escuelas de Ingeniería en Sistemas, Ciencias Biológicas y Hotelería y Turismo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Tiene tres grandes componentes:

### Producción científica desarrollada en la ECY

Desarrollado a través de un sistema informático concebido para catalogar la producción científica de la ECY, a través de un Administrador de Documentos que permite ingresar la información documental del repositorio de información científica de la ECY (artículos científicos, conferencias, informes técnicos, simposios, fichas de especies de flora y fauna, material multimedia y tesis, en formato físico y digital) y que al momento consta con un total de 201 archivos debidamente documentados en formato .PDF. Están catalogados mediante estándares internacionales de manejo de información como es Dublin Core (The Dublin Core Metadata Initiative, 2012) y pueden ser consultados a través de un motor de búsqueda mediante título, palabra clave, au-



Gráfico 1. Análisis de la producción científica realizada en la ECY.

tores, editores, colaboradores y descripción.

Los temas de investigación realizados en la ECY, en mayor proporción, hacen referencia a temáticas como la biodiversidad, ecología, taxonomía, descripción de nuevas especies y fenología, fisiología y cambio climático como temáticas de menor producción científica (Gráfico 1).

### Servicios de Geoinformación

El sistema de información geográfica, desarrollado para la Estación Científica Yasuní, permite acceder a la información territorial y ambiental de la zona de influencia de la ECY, en esta se identifican 19 senderos terrestres y 2 fluviales, 41 puntos referentes a la señalética localizada en los senderos de la ECY, carreteras y vías de acceso, infraestructura física y sitios relevantes como zonas de acceso a lagunas y saladeros, útiles para la planifica-

ción de investigaciones o visitas a la ECY disponibles para su libre descarga en formatos geográficos.

A las coberturas de senderos de la ECY, del visor geográfico, se encuentran asociados 19 mapas temáticos disponibles para su libre descarga en formato .JPG que presentan información del perfil del sendero, ubicación de los paneles con la señalética, distancia del recorrido, inclinación máxima-promedio, simbología y su respectivo metadato y un mapa general de la ECY en el cual se identifican los 19 senderos y su ubicación geográfica en el Ecuador continental (Fig. 2).

Adicionalmente a la información geográfica, se encuentran disponibles para su descarga 416 registros botánicos distribuidos en los 19 senderos con su respectiva identificación taxonómica, coordenadas de ubicación y principales usos en las comunidades Waorani del Parque Nacional Yasuní.

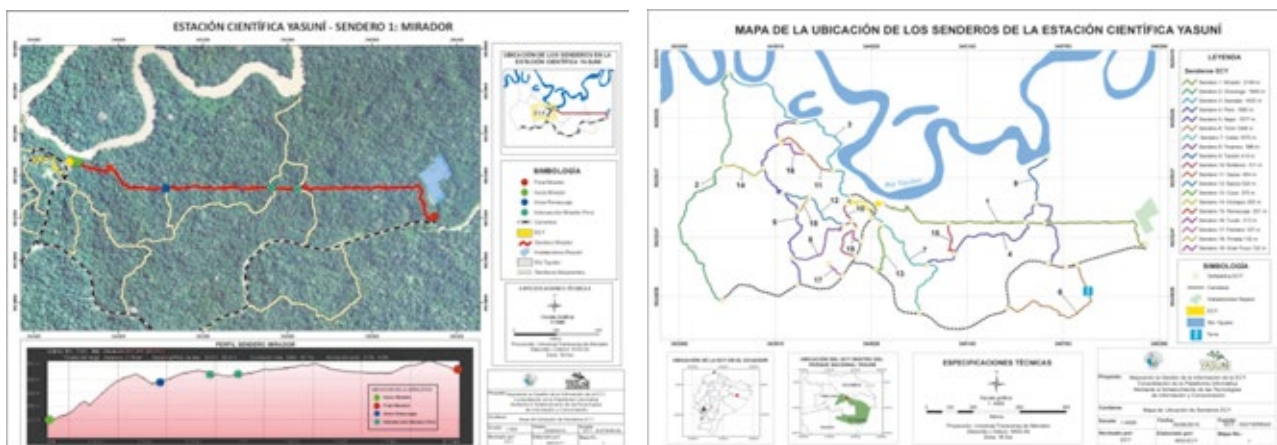


Figura 2. Formato de los 19 mapas temáticos y general de los senderos de la ECY.

El visor geográfico tiene la finalidad que el usuario pueda realizar una visita virtual a la ECY, mediante una documentación fotográfica de imágenes estáticas, 230 marcas de posición cada una con su codificación e imágenes correspondientes.

### Información multimedia

El público que visite [www.yasuni.ec](http://www.yasuni.ec) tiene la posibilidad de acceder a distintos recursos multimedia destinados a diferentes niveles de usuarios, desde un público científico y académico, el docente de nivel medio, estudiantes universitarios, de colegio o escuela hasta el ciudadano que desea conocer y visitar virtualmente la Amazonía ecuatoriana (Fig. 3).

El portal Web consta de seis accesos multimedia con distintos tipos de contenidos que citamos a continuación:

1. Yasuní en imágenes: una muestra gráfica de la biodiversidad, cultura, paisajística e investigativa del Parque Nacional Yasuní y la Estación Científica Yasuní.
2. Tour Virtual: le permitirá conocer las instalaciones de la ECY de una manera interactiva en una panorámica de 360 grados con sonidos de la selva amazónica.
3. Yasuní en videos: producción de tres videos entre la PUCE y la coproducción de Megan Westervelt y Yasuní que presentan tres videos referentes a la Biodiversidad Parque Nacional Yasuní, a las Culturas Waorani y Kichwa en el norte de Parque Nacional Yasuní y a la Investigación Científica desarrollada en la ECY.
4. Revistas Yasuní: dos ediciones en formato digital que presentan la maravillosa biodiversidad natural, étnica y cultural del

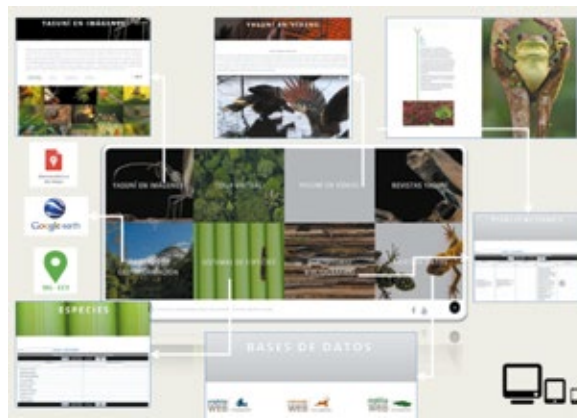


Figura 3. Página principal del portal Web, sistema de información desarrollado para la ECY.

Parque Nacional Yasuní y una descripción de las actividades académicas, investigativas y de servicios que presta la ECY a sus visitantes.

5. Fichas de especies: base de datos con un sistema de búsqueda de fichas de especies catalogados según el estándar de información de biodiversidad Plinian Core V3.1 (Plinian Core, 2015) producto de la evaluación de registros de flora y fauna de las especies representativas del área de influencia de la ECY, ubicadas por taxones o nombres comunes
6. Base de datos: conexión directa a las bases de datos de los principales museos de fauna de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

### A manera de conclusión

La investigación y producción científica deben apoyarse en las TICs y en herramientas tecnológicas, que permitan la divulgación y el acceso a la información de una manera ágil y oportuna socializando el conocimiento científico a los diversos sectores con interés, en este caso, de la Amazonía ecuatoriana.

Los sistemas de información son una herramienta fundamental, a través de sus datos, para la planificación territorial, convirtiéndose

en un medio de comunicación entre la academia y el sector público ávido de datos para la toma de decisiones y la generación de políticas públicas; por lo tanto, [www.yasuni.ec](http://www.yasuni.ec) es una herramienta de planificación y gestión de trabajo dentro del parque y su

área operativa como una ventana al mundo del que hacer investigativo y educativo, de una estación científica en la Amazonía ecuatoriana.

Finalmente, el sistema informático y el portal Web desarrollado para la ECY es el único sistema gestor de información territorial, ambiental y científico de las estaciones científicas del Ecuador, que se posiciona firmemente en la sociedad de la información y del conocimiento por sus aportes a la divulgación y comunicación de la diversidad biológica del Yasuní.

### Bibliografía

- Noda, Z., I. Morera, M. Ojeda, M. López, and S. Fernández. 2013. Sistema de Gestión de Información para la Investigación y Postgrado. V Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2011 May 16-21, 2011, Habana, Cuba, 385-388
- Plinian Core 3.1. [on line]. Recuperado el 28 de agosto del 2015, de <https://code.google.com/p/pliniancore/>
- Sistema Nacional de Información. Catálogos de Datos de Abiertos Gubernamentales [on line]. Recuperado 21 de febrero de 2017, de <http://sni.gov.ec/datosabiertos>.
- The Dublin Core Metadata Initiative. [on line]. Recuperado 15 de abril de 2015, de <http://www.dublincore.org/specifications/>

# ¿Cómo se descubren y desarrollan nuevos medicamentos?

■ Por M.B.A., M.Sc. Paola Canelos y Dr. Jaime Costales  
 Centro de investigación para la Salud en América Latina  
 paola.canelos@astrazeneca.com jacobstales@puce.edu.ec

Los medicamentos se cuentan entre los avances más importantes de la ciencia médica, y permiten salvar millones de vidas al año, alrededor del mundo. En nuestra vida diaria, todos hemos recibido una receta para tomar un antibiótico, un antiinflamatorio o algún otro tipo de medicamento. Las instituciones académicas que realizan investigación científica y, especialmente la industria farmacéutica, permiten el desarrollo de nuevos medicamentos continuamente. En algunos casos, se descubren medicamentos que permiten el tratamiento de enfermedades para las cuales no se contaba con medicinas disponibles y, en otros, se mejoran las propiedades de medicamentos ya existentes. El proceso de investigación para desarrollar un nuevo medicamento que pueda ser comercializado es largo y costoso. Si bien en los últimos años en el Ecuador se ha abierto la discusión sobre el potencial de desarrollar fármacos a partir de compuestos existentes en la biodiversidad de nuestro país, el público en general desconoce el proceso que lleva al descubrimiento de nuevos medicamentos, la verificación de su seguridad y eficacia por parte de entidades reguladoras y, finalmente, su comercialización. En este artículo, deseamos presentar a los lectores una perspectiva general del proceso.

## Descubrimiento de medicamentos: estudios pre-clínicos y clínicos

El proceso de descubrimiento de un nuevo fármaco se inicia en lo que se conoce como la fase pre-clínica, la cual incluye todas las investigaciones que se realizan antes de que ocurran estudios que involucren a seres humanos. Actividades que suceden durante la fase pre-clínica incluyen estudios sobre la síntesis química de nuevos compuestos o el aislamiento de compuestos naturales a partir de plantas u otros organismos vivientes. Las propiedades de dichos compuestos son evaluados en cultivos de células y otros modelos *in vitro* para determinar si tienen propiedades de interés (por ejemplo, ser capaces de eliminar bacterias, inhibir la actividad de una determinada enzima o causar respuesta deseada en las células). Si los resultados de estos ensayos son prometedores, se continúa con estudios *in vivo* en animales de laboratorio, para evaluar los efectos farmacológicos y/o tóxicos que los compuestos presenten, y se realizan ensayos para determinar su potencial terapéutico. A través de estos estudios, que se realizan en laboratorios académicos o farmacéuticos, se identifican productos con potencial de convertirse en medicamentos. Tan solo una vez que se ha finalizado la fase pre-clínica, comienza la etapa de las pruebas clínicas, en las cuales aquellos compuestos que presentan

propiedades prometedoras y que tienen baja toxicidad pasan a ser evaluadas en seres humanos [1].

Las pruebas clínicas generalmente implican tres fases sucesivas. En la fase I, el medicamento es probado en un número pequeño de voluntarios sanos. Durante esta fase, los científicos establecen dosis seguras para usarse y recopilan información sobre la absorción, distribución, efectos metabólicos, excreción y toxicidad del compuesto. A continuación, se realizan los ensayos de fase II, que se realizan con individuos que sufren de la enfermedad para la que se desea desarrollar el nuevo medicamento. Estos ensayos están diseñados para obtener evidencia sobre seguridad (posible toxicidad o efectos secundarios), así como datos preliminares sobre la eficacia. El número de sujetos examinados en esta fase es mayor que en la fase I, normalmente involucran a cientos de participantes voluntarios. La fase III, que involucra un estudio en miles de voluntarios, consiste en grandes ensayos clínicos que están diseñados para establecer la eficacia y detectar efectos secundarios menos frecuentes. Una vez que se obtienen suficientes pruebas de seguridad y eficacia, los datos se compilan y se presentan a las autoridades reguladoras para la aprobación de la comercialización [2]. Frecuentemente, se aplica una fase adicional de estudios clínicos (conocida como fase IV), la cual se realiza para me-

dicamentos que ya han sido comercializados, los cuales se mantienen bajo observación durante un largo tiempo. Los estudios de fase IV pueden involucrar a decenas de miles de individuos, y son realizados para responder a preguntas que se pueden contestar solamente cuando los medicamentos sean usados por un gran número de personas y por un largo periodo. Por ejemplo, los estudios fase IV permiten identificar efectos secundarios adicionales, poblaciones más sensibles al tratamiento, cambios en la calidad de vida de los pacientes e interacciones con otras medicinas.

### **Inversión y tiempo necesarios**

Desarrollar un nuevo medicamento y llevarlo al mercado es un proceso sumamente costoso que, en promedio, puede requerir entre 800 y 1.3 mil millones de dólares. Adicionalmente, el proceso es muy largo, ya que en promedio toma de 10 a 15 años. Además, la tasa de éxito es muy baja. En los Estados Unidos, un país líder en el desarrollo de nuevos medicamentos, de entre todos aquellos compuestos que muestran propiedades prometedoras en las fases pre-clínicas y que se someten a estudios clínicos de fase I, tan solamente el 8 % llegan a completar las tres fases del proceso de desarrollo clínico y a recibir la aprobación para su comercialización. Adicionalmente, el 4 % de los productos ya aprobados son retirados del mercado al encontrarse algún inconveniente (por ejemplo, un efecto secundario originalmente no detectado) después de aprobada su comercialización [1].

En países desarrollados, como por ejemplo los Estados Unidos, las fases iniciales de investigación básica del descubrimiento y los estudios pre-clínicos son financiadas principalmente

por el gobierno y por organizaciones filantrópicas, y son llevadas a cabo una gran parte de las veces por instituciones académicas. El desarrollo de los estudios clínicos (etapas posteriores) está financiado principalmente por empresas farmacéuticas o inversionistas que aportan el capital, obteniendo réditos económicos cuando el medicamento salga al mercado, pero también asumiendo el riesgo financiero en caso de que el producto no resulte rentable a final del proceso [1]. El costo total del proyecto debe tener en cuenta los gastos de capital, los costos de manufacturación, los costos de venta y promoción, las regalías y otros gastos. Los rendimientos futuros se estiman analizando las condiciones del mercado [3] y el tipo de inversionista cambia en cada etapa del proceso de desarrollo.

### **Si es tan complejo y caro producir medicamentos nuevos, ¿cómo es rentable?**

Al revisar los datos de ingresos generados por los productos farmacéuticos exitosos, se podría asumir que el dinero invertido en el desarrollo y comercialización se puede recuperar en unos pocos años. Sin embargo, este no es el caso, ya que mantener un medicamento en el mercado implica enormes costos en términos de cumplimiento normativo, marketing y ventas. El margen de ganancias para la mayoría de los medicamentos comercializados es pequeño. Por lo tanto, las compañías farmacéuticas tienden a colocar la mayor parte de su carga financiera en sus medicamentos populares, los cuales terminan absorbiendo la mayor parte de los costos de los otros medicamentos que generan poco o ningún ingreso [4]. Por otro lado, existen pérdidas importantes generadas por los proyectos que no tie-

nen éxito. Los fracasos en las últimas etapas del desarrollo clínico (fase III) son especialmente perjudiciales, ya que para llegar hasta dichas etapas, las empresas ya han incurrido en enormes costos. Estos fracasos también afectan la credibilidad del cliente hacia los programas de investigación y desarrollo de la compañía [3].

Dados los altos costos en que se incurre durante el descubrimiento de medicamentos, es natural preguntarse cómo las grandes compañías farmacéuticas a nivel internacional logran ser rentables y seguir trabajando. Tradicionalmente, estas compañías han seguido un modelo de negocio centrado en uno o unos pocos productos excepcionalmente exitosos que tienen ventas masivas. Por ejemplo, ciertos medicamentos que se utilizan para prevenir enfermedades cardíacas o tratar la depresión son altamente exitosos comercialmente. Para el año 2004, existían internacionalmente 82 fármacos que generaban ventas anuales de mil millones de dólares o más cada uno [5], existen “súper productos” que tienen ventas de más de 2 mil millones de dólares anualmente; e inclusive medicamentos que han vendido más de 10 mil millones de dólares anualmente (internacionalmente, se los conoce como “mega blockbusters”) [4]. De esta manera, mientras esté en vigencia la patente para uno o algunos de estos medicamentos exitosos, las compañías reciben ganancias exclusivas a partir de ellos y pueden invertir grandes cantidades de dinero en investigación y desarrollo de muchos medicamentos nuevos, aun conociendo que la mayoría de estos proyectos tienen alto riesgo de fracasar. Sin embargo, las empresas continúan invirtiendo, con la esperanza de que uno de esos proyectos resulte en un nuevo producto exitoso [6].

## Limitaciones del modelo predominante

Dados los altos costos, para lograr que la búsqueda y producción de medicamentos nuevos sea financieramente viable, se necesita una probabilidad razonable de que el nuevo medicamento tenga éxito en el mercado. Es por ello que cuando las enfermedades para las que se requieren nuevos fármacos afectan a muy pocas personas (lo que se conoce como enfermedades raras) o cuando el mercado potencial no podría cubrir el costo de los tratamientos (como es el caso de la población pobre de los países en desarrollo que sufre de enfermedades tropicales tales como leishmaniasis, Chagas u otras “enfermedades olvidadas”), las compañías farmacéuticas no se embarcan en búsqueda de nuevos fármacos, ya que no podrían al final del proceso obtener un rendimiento razonable para recuperar los inmensos costos de inversión. Esto hace que sea muy difícil que se consigan medicamentos para este tipo de afecciones. Ocasionalmente, los estudios pre-clínicos llevados a cabo en las instituciones académicas revelan algún producto prometedor, pero sin el capital necesario para lograr el desarrollo de estos productos, y sin el interés de las compañías farmacéuticas, el proceso no puede completarse.

## ¿Qué modelos alternativos existen para desarrollar medicamentos para enfermedades cuyo tratamiento no produce altos réditos?

Se conoce como “enfermedades huérfanas” a aquellas para las cuales no existe suficiente interés comercial en desarrollar nuevos medicamentos. Este grupo incluye a las enfermedades raras, que afectan a un porcentaje muy pequeño de la

Ocasionalmente, los estudios pre-clínicos llevados a cabo en las instituciones académicas revelan algún producto prometedor, pero sin el capital necesario para lograr el desarrollo de estos productos, y sin el interés de las compañías farmacéuticas, el proceso no puede completarse.

población, y a las enfermedades tropicales olvidadas, que son un grupo diverso de infecciones tropicales que son especialmente comunes en poblaciones de bajos ingresos en regiones en desarrollo de África, Asia y las Américas.

En los Estados Unidos, desde 1983, se ha aprobado un marco legal especial para promover el desarrollo de medicamentos para enfermedades raras. Dicho marco legal, contempla beneficios que incluyen 7 años de exclusividad en el mercado durante los cuales una empresa puede recuperar parte de los gastos de desarrollo de fármacos, créditos fiscales y exenciones de impuestos. Estas ventajas han permitido que se produzcan 326 productos nuevos que se estima han beneficiado a unos 12 millones de pacientes, muchos de los cuales son niños. Se

estima que partir del 2010, 200 de las cerca de 7.000 enfermedades oficialmente designadas como huérfanas se han vuelto tratables [1], lo que demuestra que el modelo de negocio de fármacos huérfanos tiene el potencial de convertirse en una estrategia comercial sostenible para muchas compañías farmacéuticas.

Por otra parte, existen también iniciativas internacionales que coordinan actividades para aprovechar las habilidades y capacidades investigativas propias de la industria farmacéutica, instituciones académicas, y gobiernos, creando consorcios enfocados en el desarrollo de estudios pre-clínicos y clínicos que desemboquen en nuevos tratamientos para enfermedades tropicales olvidadas, promoviendo de esta manera la salud a nivel global [7]. Un ejemplo es DNDi, the “Drugs for Neglected Diseases Initiative” (Iniciativa para medicamentos para enfermedades olvidadas), la cual funciona como una compañía virtual de biotecnología que ha conseguido ya algunos éxitos, entre ellos el generar seis nuevos tratamientos para enfermedades que afectan a la población de países pobres, mientras que otros 12 se encuentran actualmente en desarrollo [4].

## Conclusiones

El proceso de descubrimiento y producción de nuevos medicamentos es largo, complejo y costoso (Fig. 1. Resumen del proceso de descubrimiento y desarrollo de nuevos medicamentos). Los nuevos productos no están disponibles en el mercado lo suficientemente rápido y, cuando lo hacen, muchas veces sus costos son prohibitivos. Es esencial que las compañías farmacéuticas, las agencias sanitarias de los distintos países, así como los legisladores

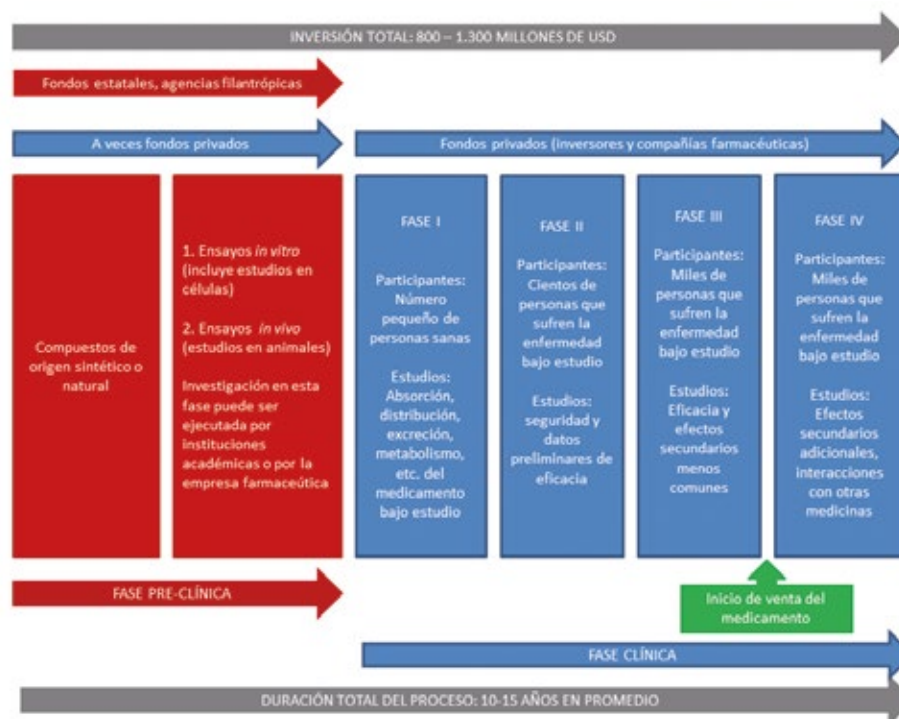


Figura 1. Resumen del proceso de descubrimiento y desarrollo de nuevos medicamentos.

y encargados de formular políticas públicas trabajen conjuntamente para contar con productos seguros y efectivos, sino también productos asequibles. En los países desarrollados, la industria farmacéutica parece estar avanzando hacia la dirección correcta para la producción de nuevos tratamientos para enfermedades raras. Sin embargo, aún queda mucho trabajo por hacer para que los nuevos tratamientos sean accesibles y asequibles para los pacientes. Además, han surgido en los últimos años iniciativas internacionales que coordinan actividades para facilitar el desarrollo para enfermedades tropicales olvidadas. Sin embargo, es importante lograr que haya más programas de acceso disponibles para asegurar que cada paciente pueda recibir el tratamiento necesario. Nuestro país intentó insertarse en el proceso de descubrimiento y comercialización de medicamentos mediante la creación de la empresa pública ENFARMA. El cierre de ENFARMA el año pasado, luego del fracaso total de sus

actividades, nos hace ver cuánto le falta al Ecuador para ser un protagonista activo en el descubrimiento de medicamentos a nivel mundial. Si ENFARMA naufragó aun durante una época de mayor bonanza económica en la historia del Ecuador, los esfuerzos en el país a futuro deben llevarse a cabo de manera más técnica, promoviendo cooperación internacional y optimizando los recursos y capacidades existentes tanto en el sector académico como en instituciones públicas. Solo así lograremos que el país juegue un rol protagónico en el descubrimiento de nuevos medicamentos.

### Bibliografía

1. Wizemann, T., Robinson, S., Giffin, R., *Breakthrough Business Models. Drug Development for Rare and Neglected Diseases and Individualized Therapies*. 2009, Washington, D.C.: The National Academies Press.
2. DiMasi, J.A., Hansen, R.W., Grabowski, H.G., *The price of innovation: new estimates of drug develop-*

*ment costs*. J Health Econ, 2003. 22(2): p. 151-85.

3. Honig, P. and R. Lalonde, *The economics of drug development: a grim reality and a role for clinical pharmacology*. Clin Pharmacol Ther, 2010. 87(3): p. 247-51.
4. Institute, C.H. *Pharmaceutical Genomic Glossary. Definition of blockbuster drug and statistics*. 2017-03-21]; Available from: [http://www.genomicglossaries.com/CONTENT/business\\_glossary.asp](http://www.genomicglossaries.com/CONTENT/business_glossary.asp).
5. Rosen, M. *Though pharma growth slides, blockbusters reach new record*. 2005; Available from: <http://wistechtechnology.com/articles/1885/>.
6. Sunderlin, A. *Business Model Database; What is the Blockbuster business model?*. 2008; Available from: <http://tbmdb.blogspot.com/2008/12/blockbuster-business-model.html>.
7. Chatelain, E. and J.R. Ioset, *Drug discovery and development for neglected diseases: the DNDi model*. Drug Des Devel Ther, 2011. 5: p. 175-81.

# Modelación computacional de fármacos

■ Por Dra. Lorena Meneses Olmedo, M. Sc. Sebastián Cuesta Hoyos  
Escuela de Ciencias Químicas  
lmmeneses@puce.edu.ec, sebas\_c89@hotmail.com

**E**l uso de modelos matemáticos para predecir la actividad biológica de compuestos, es una herramienta muy poderosa en el diseño de nuevos medicamentos. Estos modelos matemáticos proporcionan las estructuras más probables y proveen información del posible mecanismo de acción. Utilizando modelos computacionales, se pueden modelar sistemas biológicos y obtener resultados significativos, sin tener que incurrir en altos costos, generación de desechos tóxicos y tiempos extensos. Dentro de los métodos computacionales, se encuentran los que sacrifican velocidad pero son más precisos, como los cálculos mecánico cuánticos, y por otro lado, técnicas de modelación molecular, que sacrifican precisión siendo más veloces [1].

La mecánica molecular es una de las técnicas más usadas para determinar la energía potencial de una interacción. Esta usa la función del oscilador armónico para obtener energías en un menor tiempo. Entre los programas más usados se encuentra NAMD para cálculos de dinámica molecular y Autodock para acoplamiento molecular.

El acoplamiento molecular, o *Docking*, predice diferentes conformaciones en las que una molécula podría interactuar con otra en un determinado sistema biológico [2]. Así, con esta técnica, se pueden llegar a determinar cómo compuestos líderes, sustratos y candidatos de fármacos, se unen a ma-

cromoléculas tridimensionales como proteínas. AutoDock puede ser aplicado en diseños de fármacos, optimización de compuestos líder, estudios en mecanismos químicos, cristalografía de rayos X, entre otros. Este software consiste en 2 generaciones de programas para computadora: AutoDock 4 y AutoDock Vina.

## Diseño Racional de fármacos

El diseño racional de medicamentos es el proceso de encontrar nuevos medicamentos, basado en el conocimiento del objetivo biológico. Un fármaco es, comúnmente, una molécula orgánica pequeña que activa o inhibe el funcionamiento de una biomolécula, resultando en un beneficio terapéutico para el paciente. Utilizando una amplia gama de software y estructuras computarizadas de referencia, se puede determinar el tipo de moléculas que podrían bloquear una enzima o proteína específica. Estas moléculas pueden ser obtenidas de un banco de moléculas o modeladas en la computadora, para luego ser sintetizadas en laboratorio.

Durante el proceso de desarrollo normal, aproximadamente el 40-60 % de los compuestos son rechazados debido a sus propiedades ADMET (absorción correlativa, distribución, metabolismo, excreción y toxicidad) no favorables. La mayor parte de los esfuerzos en modelación molecular se realiza para predecir estas propiedades, ya que es una manera económica y de alto rendimiento de evaluarlas. Tal enfoque puede reducir el trabajo experi-

mental considerablemente, logrando el rechazo de un prototipo, por su baja biodisponibilidad oral, recién iniciado el proceso [3]. Este método de diseño de fármacos acorta el tiempo de invención de un medicamento y ahorra millones de dólares a las compañías, en comparación al desarrollo tradicional de fármacos.

La capacidad de una molécula pequeña de inhibir una proteína y la posibilidad de poder producirla racionalmente se deben a la propiedad de plasticidad que poseen las proteínas. Plasticidad es la capacidad que posee una proteína de cambiar su estructura tridimensional cuando se encuentra con su ligando natural, un medicamento o sin ligando. Por esta razón, tener la estructura cristalina de la proteína de interés sola y con diferentes ligandos es fundamental para un rápido diseño. Determinando la plasticidad de la proteína se puede llegar a una mejor modelación y diseño de la molécula.

## Afinidad entre un fármaco y el objetivo biológico

Para que un medicamento sea efectivo es necesario que este y su objetivo biológico tengan una gran afinidad. Para esto, el valor de la constante de disociación ( $k_d$ ) debe ser muy pequeño, lo que indica que ambas moléculas no se disociarán fácilmente. Valores ideales de  $k_d$  están en el rango nanomolar (nM), pero durante el desarrollo de fármacos se observan  $k_d$  mucho mayores. Los valores de  $k_d$  y la concentración inhibitoria media (IC<sub>50</sub>), están relacio-



nados con la potencia de un inhibidor. El IC50 representa la concentración de un medicamento requerida para una inhibición del 50 % en pruebas *in vitro*.

La afinidad está relacionada con la energía de enlace, que puede ser determinada de la relación de equilibrio, ya que es un reflejo de la energía libre de Gibbs de la unión del complejo enzima-sustrato [4]. La energía de unión del complejo enzima-sustrato puede ser calculada utilizando la ecuación  $\Delta G^\circ = -2.3RT \log (1/k_i) = 2.3RT \log (k_i)$ . Valores más negativos indican mayores energías de unión.

Los cambios en la energía libre de Gibbs (G) es una combinación tanto de cambios en la entalpía ( $\Delta H$ ) como en la entropía ( $\Delta S$ ), por lo que ambas intervienen en la unión. Interacciones controladas por la entalpía son los puentes de hidrógenos formados entre el medicamento y la enzima, mientras que el efecto hidrofóbico afecta la entropía de las interacciones. El efecto hidrofóbico no es más que un ordenamiento de moléculas de agua alrededor de las porciones lipofílicas de una molécula. Cuando el compuesto entra en el bolsillo enzimático y se une al sitio activo, algunas de estas moléculas de agua pasan a ser parte de la solución. Las moléculas de agua que están libres en solución tienen más libertad de movimiento que las moléculas de agua que están rodeando a la molécula. Por lo tanto, la unión de una molécula no polar en un bolsillo lipofílico aumenta el desorden del sistema global [8].

En el diseño de fármacos, la energía libre de Gibbs puede ser utilizada para evaluar si la modificación de un medicamento aumenta o disminuye la afinidad con su objetivo biológico. Diferentes descriptores son también muy útiles en el diseño de fármacos. Estos se usan

para comparar moléculas, tomando en cuenta características específicas o propiedades electrónicas y estructurales. Entre los descriptores más usados están la función de la distribución radial (RDF), eficiencia del ligando (LE), índice potencial y de eficacia (PEI), índice de eficiencia de enlace (BEI), entre otros [7]. Con este enfoque, moléculas con propiedades farmacológicas pueden ser derivadas de fragmentos extraídos de productos naturales o sintetizadas en el laboratorio.

### Trabajos en la PUCE

El grupo de Química Teórica y Computacional de la Escuela de Ciencias Químicas de la PUCE realiza estudios de modelación molecular, para tener un mejor entendimiento de los mecanismos de acción de medicamentos y evaluar afinidades de diferentes moléculas.

Estudios de modelación molecular utilizando Autodock 4 y Autodock VINA como software, ibuprofeno como ligando y las enzimas Ciclooxygenasa 1 (COX-1) y Ciclooxygenasa 2 (COX-2) como macromoléculas, se realizaron con el objetivo de comprobar la aplicabilidad de estas técnicas y evaluar diferentes software que permitan obtener resultados significativos en estudios de diseño de nuevos fármacos.

Al realizar la interacción entre el ligando y la macromolécula, el algoritmo matemático determina los posibles sitios activos de la enzima, que serán los sitios donde el medicamento se puede unir requiriendo menor energía (mayor afinidad). El programa Autodock Tools da la posibilidad de seleccionar, para el cálculo de acoplamiento molecular, cualquier zona de la enzima. Esto sirve cuando se tiene una idea de en qué zona de la enzima se encuentra el sitio activo. En este caso seleccionamos toda la enzima para evaluar el algoritmo. Autodock VINA que mostró mejores resultados que Autodock 4, al obtener menores energías de enlace y conformaciones más exactas, en comparación con modelos experimentales obtenidos por cristalografía de rayos X.

En la figura 1 se presenta el resultado de la modelación entre el ibuprofeno y la COX-1. La conformación 1 se presenta en color azul mientras la conformación 2 se presenta en color verde. La molécula experimental se muestra de color gris. En este caso se observa que ambas estructuras están superpuestas casi perfectamente. Tanto la conformación 1 como la 2 poseen la misma afinidad, lo que indica que tanto en el sitio activo de la derecha como en el de la izquierda, es

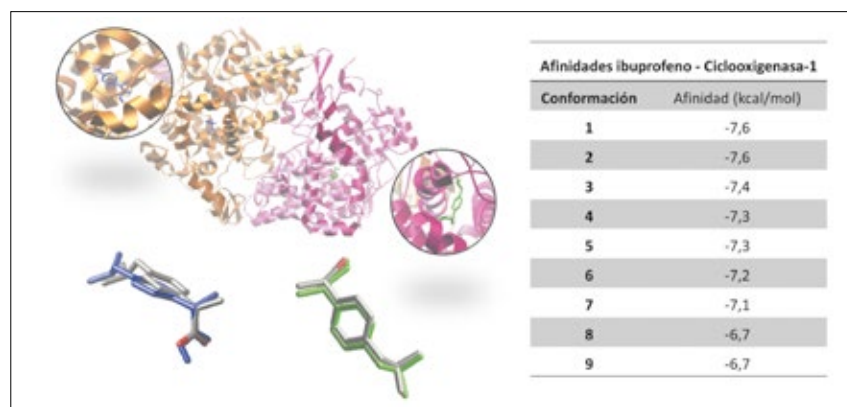


Figura 1. Modelación molecular del Ibuprofeno con la COX-1.

igualmente probable que ingrese el ibuprofeno y ejerza su función.

La figura 2 muestra el resultado de la modelación del ibuprofeno con la COX2. El resultado fue comparado con la estructura experimental de la COX-2 unida al inhibidor selectivo celecoxib. En la conformación 1, el ibuprofeno se muestra de color amarillo, en la 2 de color morado y en la conformación 3, de celeste. Las 3 conformaciones se encuentran superpuestas a la molécula de celecoxib, lo que indica que el sitio activo encontrado para la COX-2 es el correcto.

En la figura 3 se muestra un estudio diferente, usando esta vez el paracetamol como ligando y la COX-1 como macromolécula. Los resultados fueron comparados con la estructura experimental de la COX-1 unida al meloxicam. La primera diferencia que llama la atención son las energías de unión, que son más altas en comparación al estudio realizado con el ibuprofeno. Al analizar la conformación con menor energía dentro de la enzima, se puede observar que el paracetamol (molécula de color morado) se encuentra en una posición espacial diferente al sitio activo de la enzima donde se encuentra el meloxicam (molécula fucsia). Este resultado muestra que el paracetamol, a pesar de ser un analgésico muchas veces usado en lugar del ibuprofeno u

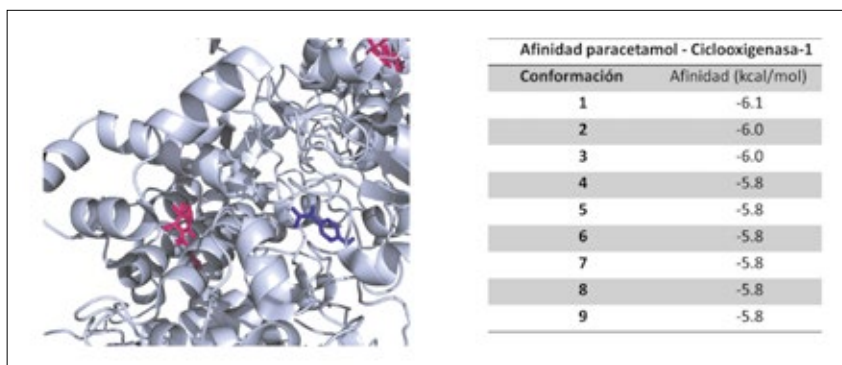


Figura 2. Modelación molecular del Ibuprofeno con la COX-2

otros antiinflamatorios no esteroideos, no ejerce su acción al inhibir la COX-1. Esto explica por qué el paracetamol no reduce la inflamación ni afecta a la mucosa gástrica, mientras que posee propiedades antipiréticas que el ibuprofeno no tiene.

### Conclusión

Hoy en día, existen técnicas eficaces disponibles para analizar estructuras biológicas a fondo, calcular sus propiedades y predecir su interacción dentro de diferentes sistemas biológicos. Aunque estas técnicas ahorran tiempo en el proceso racional de diseño de fármacos y proveen diferente información de la obtenida de la investigación experimental, ir al laboratorio y probar los compuestos *in vitro* e *in vivo* es el único método que dará la confianza para decir si el fármaco está ejerciendo la función esperada y si no se producen efectos secundarios.

La modelación molecular es indispensable para entender la interacción enzima-sustrato y lograr el mejoramiento de moléculas en el diseño de nuevos fármacos. Los resultados obtenidos muestran que los métodos de acoplamiento molecular son totalmente comparables con resultados obtenidos experimentalmente, demostrando ser bastante precisos. Esto comprueba la aplicabilidad de estos métodos en el proceso de síntesis y diseño de nuevos fármacos.

### Bibliografía

- [1] Young, D. (2001). *Computational Chemistry A Practical Guide for Applying Techniques to Real-World Problems*, John Wiley & Sons Inc., USA, pp 1, 3, 19, 86, 113
- [2] Leach, A. (1999). *Molecular Modeling Principles and Applications*, Longman, England, pp 1, 543
- [3] Rahman, A., Caldwell, G., Choudhary, M. y Yan Z. (2009). *Frontiers in Drug Design and Discovery*, Bentham Science, USA, pp 333, 334
- [4] Abad-Zapatero C. Periši O, Wass J, Bento P, Overington J, Al-Lazikani B and Johnson M. (2010). Ligand efficiency indices for an effective mapping of chemico-biological space: the concept of an atlas-like representation, *Drug Discovery Today* **15**: 804-811.

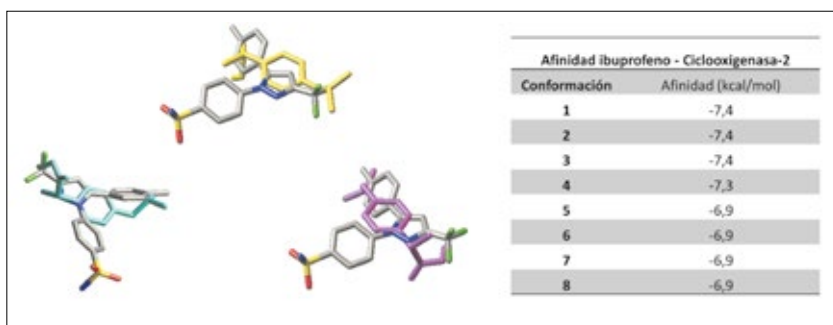


Figura 3. Modelación molecular del paracetamol con la COX-1.

# Cuando una imagen **NO** dice más que mil palabras

■ Por M. Sc. M. Alejandra Camacho  
Museo de Zoología, Sección de Mastozoología  
macamachom@puce.edu.ec

**E**n biología, la taxonomía se encarga de clasificar a los seres vivos, la sistemática estudia sus relaciones evolutivas y la nomenclatura permite darles un nombre. Para el reino de los animales, la nomenclatura está regulada por el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica.

Las discusiones en la literatura relacionadas con sugerencias, puntos de vista y contrapuntos respecto a la validez de los nombres que pueden usarse para describir una especie animal no son recientes, como tampoco lo son las discusiones respecto a la propia validez de una descripción. Idealmente, los nombres deben ser creados (siguiendo el Código) para describir nuevas especies con el soporte de un conjunto significativo de evidencia biológica (morfología, filogenia, ecología, biogeografía, comportamiento, entre otros.) con el fin de ofrecer un alto nivel de confianza dado que, de todas formas, la descripción de una especie es una hipótesis y, por lo tanto, está sujeta a revisión.

El Código Internacional de Nomenclatura Zoológica tiene el objetivo de normar la validez, continuidad y universalidad de los nombres científicos de los animales de forma única y universalmente aceptada, sin regular asuntos de orden taxonómico. La publicación del Código, su revisión y ediciones, están a cargo de la Comisión Zoológica de Nomenclatura, conformada por miembros de 18 países cuyos intereses cubren

la mayoría de las ramas zoológicas, incluyendo la paleontología.

El Código ha mantenido, desde su primera versión en 1961, y a través de sus ediciones, una estructura normativa que consiste en artículos (de carácter obligatorio) con recomendaciones y análisis particulares de caso. La cuarta edición, la más actual, se publicó en 1999 con 90 artículos, aunque, cabe indicar, en la versión disponible en línea se han hecho correcciones a varios de estos artículos con efecto desde de enero de 2012 (ICZN 2017).

Con modificaciones relevantes pero sin un cambio esencial de estructura, este articulado ha mantenido su organización en afán de no perturbar a los zoólogos acostumbrados a las versiones anteriores. Entre las modificaciones de la última versión encontramos aquellas referentes a la propuesta y disponibilidad de nombres nuevos, tratadas en el capítulo 4, donde, entre varios otros temas, se regula el uso de ilustraciones (o fotografías) para la designación de nuevos nombres. Entonces, ¿es posible usar una fotografía para nombrar una especie?

## Sobre el uso de ilustraciones

Analicemos el Código: el artículo 16.4 menciona que cada nuevo nombre de especie o subespecie deberá estar acompañado en la publicación “por la fijación explícita de un holotipo o sintipos [...]” y, “donde el holotipo o los sintipos sean especímenes existentes, por una declaración de intención de que será (o serán) depositados en una colección

[...]”. El articulado insta, además, a que los investigadores depositen los especímenes tipo en instituciones que alberguen colecciones de investigación con instalaciones apropiadas (recomendación 16C), lo que a su vez significa mantener el material tipo claramente etiquetado, adecuadamente preservado, disponible para su estudio, enlistado, catalogado y cuya información sea apropiadamente divulgada (recomendación 72F).

El Código señala la relevancia de dar un nombre y fijarlo o designarlo a un espécimen tipo elegido por el autor (artículo 72.1.2), siempre y cuando, de acuerdo al artículo 72.5 cumpla ciertos requisitos: ser un animal o parte de un animal; una pieza o impresión fósil; una colonia de animales con reproducción vegetativa; una o más preparaciones de individuos relacionados que representen diferentes etapas del ciclo de vida; una preparación para examen microscópico de uno o más organismos; o, “en el caso de una especie nominal basada en una ilustración o descripción, o en una referencia bibliográfica a esa ilustración o descripción, el tipo es el espécimen o especímenes ilustrados o descritos y no la ilustración o la descripción por sí misma”.

Pero el Código no es perfecto y parte de este articulado es confuso, ambiguo y, ciertamente, estaría sujeto a interpretación bajo conveniencia. Si bien el artículo 16.4.1 señala que un requisito es la designación explícita de un holotipo y la recomendación es el depó-

sito de uno o varios especímenes en una colección científica, el artículo 16.4.2 señala que “en el caso de que el holotipo o los sintipos sean especímenes existentes” se depositen en un museo, dando a entender que la alternativa es la no existencia de holotipos o sintipos y que, por lo tanto, no puedan ser depositados en una colección científica porque no existen. Para un intérprete, las razones de que el material tipo no exista en una colección pueden ser varias: se perdió, se deterioró o simplemente no se depositó porque se liberó ¡o se escapó! tras su revisión; por esto, su descripción se hizo con base en evidencia indirecta como ilustraciones, fotografías o grabaciones.

Esto último podría verse apoyado por el artículo 73.1.4, también debatible, que señala que “la designación de una ilustración de un único espécimen como holotipo será tratada como designación del espécimen ilustrado”, es decir, que se usará para fijar un nombre, y que “el hecho de que el espécimen ya no existe o no pueda rastrearse no invalida por sí mismo la designación”.

Entonces, ¿en qué quedamos? Con base en este análisis, el problema radica en que, si bien, se requiere la fijación de un onomatóforo (especimen que lleva el nombre), en ningún lugar se habla de su preservación luego de la descripción; es más, en ninguna parte se señala que el material tipo esté vivo o muerto. Los artículos mencionados dejan, al parecer, abierta la posibilidad de crear un nuevo nombre y designarlo a una fotografía sin que el espécimen que representa esté disponible para su revisión.

Podemos encontrar algunos artículos científicos donde se describen especies con base en fotografías y amplia literatura que apoya o refuta estas prácticas. Cualquiera sea la posición, el consenso es general cuando se trata de resaltar la importancia de los *vouchers* y del material tipo alojados en un museo; sin embargo, muchos autores son empáticos con el uso de fotografías y otras técnicas similares, como única evidencia para describir una especie.

### Argumentos a favor del uso de fotografías

Un primer argumento es, sin duda, el dilema de sacrificar animales para almacenar esos *vouchers* en los museos. Para quienes prefieren no recolectar, la documentación del ejemplar vivo con fotos y la designación a estas de un nombre sería su-

ficiente, sin necesariamente incumplir el Código. Este argumento es de carácter ético, especialmente cuando se trata de especies descubiertas en refugios aislados, con pequeñas poblaciones relictuales o amenazadas. Si la especie es rara, lo más probable es que su captura sea difícil por lo que se designan fotografías como material tipo. Ejemplos son la mosca bombílida *Marleyimyia xylocopae*<sup>1</sup> (fig. 1) o el macaco *Macaca leucogenys*<sup>2</sup> (fig. 2).

Asimismo, si la especie está críticamente amenazada se considerará cuidar su supervivencia manteniendo vivo al holotipo. Este es el caso de la descripción de la iguana rosada de Galápagos *Conolophus marthae*<sup>3</sup> con base en un ejemplar vivo que fue marcado con un transpondedor hipodérmico para rastrearlo, evaluar el comportamiento



Figura 1. Holotipo de *Marleyimyia xylocopae*, un díptero de la familia Bombyliidae, representado por esta fotografía. El individuo fue capturado y fotografiado, pero luego escapó antes de ser preservado. Tomado de Marshall y Evenhuis (2015; Foto No. 7007 - Figura 1).

<sup>1</sup>Marshall, S. A. y Evenhuis, N. L. (2015). New species without dead bodies: a case for photo-based descriptions, illustrated by a striking new species of *Marleyimyia* Hesse (Diptera, Bombyliidae) from South Africa. *ZooKeys*, (525), 117.

<sup>2</sup>Li, C., Zhao, C., y Fan, P. F. (2015). White-cheeked macaque (*Macaca leucogenys*): A new macaque species from Medog, southeastern Tibet. *American Journal of Primatology*, 77(7), 753-766.

<sup>3</sup>Gentile, G. y Snell, H. (2009). *Conolophus marthae* sp. nov. (Squamata, Iguanidae), a new species of land iguana from the Galápagos archipelago. *Zootaxa*, 2201(1), 10.



Figura 2. Esta fotografía es parte del holotipo del macaco de mejillas blancas, *Macaca leucogenys*, un macho adulto captado con cámaras trampa. Tomado de Li et al. (2015; Figuras 4A).



Figura 3. *Conolophus marthae*, la iguana rosada de Galápagos. El holotipo vivo es este macho fotografiado, permanente marcado con el número 117 y seguido con el transpondedor hipodérmico 091-601-303. Tomado de Gentile y Snell (2009; Figura 2).

de la población y esperar su muerte natural para depositarlo como holotipo en el museo de la Estación Charles Darwin (Fig. 3). Así

también, el caso del ave *Laniarius liberatus*<sup>4</sup>, mantenida viva para su estudio y luego liberada en una reserva natural durante la guerra civil

en Somalia a finales de la década de los ochenta que arrasó con hábitats adecuados para la especie.

Otro argumento sostiene el no preservar los organismos cuando, por alguna razón, después de la recolección, no pueden conservarse para su análisis posterior, como es el caso de algunos invertebrados.

Lo cierto es que, sea cual sea la razón, quienes ven como adecuada esta práctica están de acuerdo en que la crisis de biodiversidad nos obliga a describirla rápidamente y aseguran que fotografías y otras evidencias diferentes a una serie de especímenes podrían hacer de la descripción un proceso rápido.

Para estos investigadores, en casos como los mencionados, una buena serie de fotografías podría ser igual de útil que un espécimen preservado. Estas descripciones, por lo general, incluyen evidencia adicional como sangre, plumas, pelo, grabaciones de cantos o llamadas, así como información de tipo biogeográfica o ecológica, pudiendo ser muy informativas, incluso más que algunas descripciones con base en uno o muy pocos especímenes que sin análisis ecológicos, etológicos, biogeográficos, moleculares o de otro tipo son también poco creíbles.

### Flexibilidad vs. reglas

Thorpe (2017) cuestiona una prohibición generalizada si se atenderían las solicitudes de modificaciones al Código de autores como Ceriaco y colaboradores (2016) para eliminar definitivamente la posibilidad de usar fotografías al describir una especie. Thorpe propone flexibilidad y evaluación particular a cada caso y señala que, si bien una foto muestra solo un subconjunto

<sup>4</sup>Smith E.F., Arctander, P., Fjeldsã, J. y Amir, O. (1991). A new species of shrike (Laniidae: *Laniarius*) from Somalia, verified by DNA sequence data from the only known individual. *Ibis*, 133(3), 227-235.

limitado de caracteres, lo mismo es cierto para muchos especímenes preservados.

Pero, las reglas son las reglas y están ahí por una buena razón; así el Código no se modifique, la buena práctica taxonómica debe tender a la preservación de material tipo que permita la objetividad, replicabilidad y refutabilidad de su estudio. No podemos permitir que la urgencia de describir la biodiversidad en aras de conocerla, clasificarla y catalogarla nos lleve a dejar de lado las prácticas taxonómicas tradicionales. Todo lo contrario, la meta debe ser documentar la biodiversidad de forma rigurosa a través de colecciones científicas cuidadosamente planificadas, sean estas de especies raras, difíciles de capturar o en peligro.

Incluso si la especie está seriamente amenazada y sí es posible su recolección, esta debe hacerse de forma responsable. Esto implica buen criterio y sensatez. De hacerse el hallazgo extraordinario de una especie seriamente amenazada, lo más probable es que la captura de al menos un espécimen no haga la diferencia de su estatus en la naturaleza. En el caso de la iguana marina rosada, si bien resuelto elegantemente, la designación de un espécimen de macho viejo como holotipo pudiese haber sido una decisión acertada. Y es que dejar el holotipo vivo conlleva el riesgo de que el animal escape y desaparezca, pueda morir sin ser detectado o ser devorado sin dejar rastro. Si es ese el caso, más irresponsable es, a mi parecer, dejar que la especie se extinga sin haber guardado de esta un ejemplar en un museo. Esto podría compararse con dejar un capítulo de un libro sin leer, lo cual impediría entender su historia completa.

### En conclusión...

No podemos negar el avance de la tecnología fotográfica, como tampoco podemos negar que así como ha mejorado su calidad, ha mejorado también la capacidad de modificarla de forma simple e indetectable, razón por la cual no debe usarse como prueba única de la existencia de una nueva especie animal. En una fotografía son muchas las variables que no se pueden evaluar, como la anatomía esquelética, muscular o blanda, el material genético o aspectos fisiológicos. El tener una muestra de especímenes tipo (idealmente) permite analizar la variación que puede presentar un carácter sobre la base de análisis de homologías, similitudes y diferencias que ninguna fotografía podría mostrar.

Ahora bien, los especímenes tampoco son infalibles. Por tratarse de material orgánico los especímenes pueden perderse o deteriorarse en un museo. En vista de esto, las fotografías e ilustraciones deben ser un complemento en las descripciones dado que señalan algunas características de relevancia para la diagnosis de un taxón.

La modificación del Código está en manos de la Comisión Zoológica de Nomenclatura. De existir un cambio, este debe dirigirse a la no ambigüedad, simplicidad y uniformidad, sin dejar de lado el análisis de casos excepcionales. Sería apropiado, por ejemplo, que el artículo 16.4 requiera (no recomiende) material tipo preservado. De no haber cambio, la práctica de describir nuevas especies con base en imágenes no puede volverse común so pretexto de la ambigüedad en el Código. Atajos, trabajos pobres y el abandono de los estándares tradicionales pueden ser peligrosos dado

que el entendimiento y manejo de la biodiversidad dependen de la calidad y estabilidad de la nomenclatura biológica.

Por sí solas, fotografías, especímenes o muestras de material genético no pueden contar la historia completa de la especie que representan. Las técnicas de muestreo, preparación y registro de datos para la descripción de especies evolucionan y la taxonomía no debería ser una ciencia estática. Quienes no apoyamos el uso de fotos para describir especies no estamos criticando el uso de tecnología moderna, sino más bien su uso inadecuado. Las nuevas tecnologías deben usarse, pero no deben sustituir de ninguna forma el riguroso proceso de recolectar, preparar, comparar, describir y delimitar especies. Las buenas prácticas deben dirigirse a reunir un conjunto completo, cohesivo y riguroso de evidencias y debe existir un compromiso ético durante el proceso de revisión por pares para rechazar descripciones pobremente sustentadas en revistas científicas.

### Bibliografía

- Ceriaco, L.M., Gutiérrez, E., y Dubois, A. (2016). *Photography-based taxonomy is inadequate, unnecessary, and potentially harmful for biological sciences*. *Zootaxa*, 4196(3), 435-445.
- International Code of Zoological Nomenclature*. 2017. International Commission on Zoological Nomenclature. Acceso: 05 de febrero de 2017 en <http://www.iczn.org/iczn/index.jsp>
- Thorpe, S.E. (2017). *Is photography-based taxonomy really inadequate, unnecessary, and potentially harmful for biological sciences? A reply to Ceriaco et al.* (2016). *Zootaxa*, 4226(3), 449-450.

# Los hongos que se comen la madera

■ Por Dra. María Eugenia Ordóñez  
Fungario QCA (M)  
meordonez@puce.edu.ec

## Introducción

La molécula orgánica más común en nuestro planeta es la celulosa. Esta forma parte de las paredes de las células vegetales, y está compuesta por largas cadenas de glucosa. Además de la celulosa, las paredes de la célula vegetal están compuestas de hemicelulosa y lignina. La lignina es una molécula bastante compleja y difícil de degradar, y junto con la celulosa le dan a la madera su fuerza estructural. A pesar de estar formada de azúcares, los animales no podemos digerir la celulosa ya que no tenemos las enzimas adecuadas

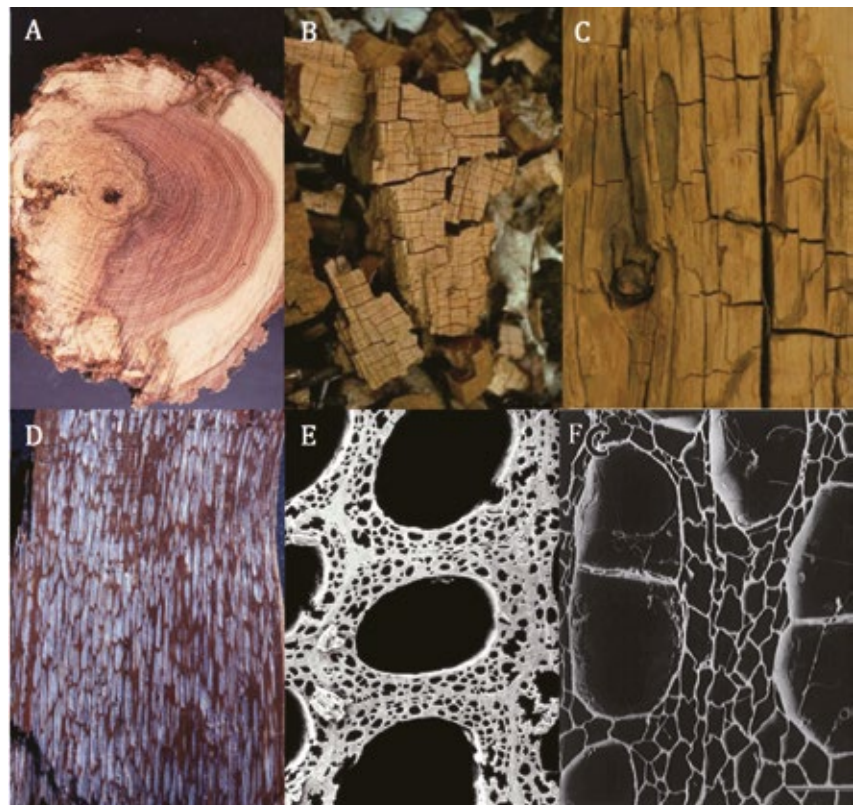
para ello. Igualmente, la lignina es un compuesto muy resistente, y solamente los hongos tienen la capacidad de romperla.

Son muchos los productos que utilizamos en la vida diaria que se derivan de la celulosa. Se la utiliza en la fabricación de papel y cartón, de varias fibras como por ejemplo el rayón, y para la obtención de biocombustibles. La madera es uno de los productos celulósicos de mayor uso y aplicación como material de construcción para viviendas, muebles, instrumentos musicales y variados artefactos. Además de sus usos industriales, la madera, y los árboles de donde proviene, son parte esencial de muchos ecosistemas.

## Estrategias para la degradación de la madera

Los hongos son descomponedores de materia orgánica por excelencia, y han desarrollado varias estrategias para poder degradar la madera y la celulosa. Todo empieza al botar los hongos enzimas al medio para romper las paredes celulares de las plantas y poder absorber los azúcares.

Los hongos tienen tres formas diferentes de degradar la madera y producen una gama de enzimas para cada caso. Una de las formas de degradación se conoce como pudrición blanca, que se caracteriza por la ruptura de las moléculas de lignina. La madera colonizada por



www.forestpathology.umn.edu/microbes.htm

Figura 1. Formas de degradación de madera: A. Pudrición blanca, B. Pudrición café, C. Pudrición blanda, D. Pudrición blanca mostrando cavidades de celulosa, E. Fotografía de microscopio electrónico del tipo 1 de pudrición blanda, F. Fotografía de microscopio electrónico del tipo 2 de pudrición blanda.

el hongo toma un color blanquecino, que se debe a la presencia de la celulosa en el tejido aún sin digerir (Fig. 1). Las múltiples especies que causan pudrición blanca difieren en su habilidad de degradar en mayor o menor cantidad los varios componentes de la pared celular. Algunos quitan la lignina de la madera dejando huecos blancos formados completamente de celulosa, mientras que otros pueden degradar lignina y celulosa a la vez. La madera atacada por este tipo de hongos mantiene su fuerza estructural hasta etapas avanzadas de colonización. Estos hongos pueden ser parásitos comunes del tejido leñoso de árboles vivos, pero también son descomponedores agresivos de material vegetal muerto en los bosques. La pudrición blanca es común en los bosques tropicales.

Un segundo tipo de pudrición que pueden causar los hongos en

la madera es la llamada pudrición café. En este caso, hay una rápida ruptura de la celulosa, mientras que la lignina permanece mayormente sin alterar. La madera se ve de color café y forma grietas en forma de cubos que al secarse se desmoronan fácilmente (Fig. 1). La madera pierde su fuerza en etapas tempranas de colonización.

La tercera forma de pudrición es la pudrición blanda. Esta se caracteriza por hacer la superficie de la madera suave y estar presente en ambientes con alta humedad, aunque también es frecuente en ambientes secos. El aspecto de la madera a simple vista es similar a la pudrición café. Hay dos tipos de pudrición blanda: en el tipo 1 las células de la pared vegetal secundaria se rompen longitudinalmente dando un aspecto esponjoso al tejido, y en el tipo 2 hay degradación de toda la pared secundaria dejan-

do atrás únicamente la llamada laminilla media, que es una capa de pectina que une a una célula vegetal con otra (Fig. 1). Según avanza la infección, la madera pierde progresivamente su fuerza, volviéndose muy frágil.

La degradación de la madera es importante e indispensable en el reciclaje del carbono en los bosques, pero también puede causar daños importantes en estructuras y objetos valiosos de madera. Se han realizado interesantes estudios en diversos ambientes extremos en el mundo, como la tumba del Rey Midas en Turquía que está ubicada bajo un montículo de arena en el desierto, las estructuras históricas construidas por exploradores en el Ártico y Antártida, los objetos de madera en las pirámides de Egipto y muchas otras (Filley *et al.*, 2001; Blanchette *et al.*, 1994; Blanchette 2000; Blanchette *et al.*, 2008; Held *et al.*,



Figura 2. Degradación de madera histórica en Quito. A. Artesonado de la Sala Capitular en el convento de San Agustín, B. Vigas que soportan el artesonado del techo de la Sala Capitular con síntomas de degradación, C. Libros del convento de San Agustín infestados por hongos, D. Vista posterior del Convento de las madres Agustinas, E. Vigas de soporte del convento de las madres Agustinas en degradación, F. Casa Gillespie, G. Madera de la Casa Gillespie en degradación.



2016). Esa madera, en ciertos casos, ha sufrido significativa degradación bajo condiciones que se pensaría más bien ayudarían a preservar las estructuras, al ser ambientes secos o muy fríos, pero en cambio los hongos han sido capaces de prosperar en esos ambientes evidenciando su asombrosa capacidad de adaptación.

### **La madera y las construcciones históricas del Quito colonial**

En el Ecuador existen varias estructuras y construcciones de madera que tienen importancia histórica. Las iglesias coloniales de los centros históricos del país, las esculturas e instrumentos tallados de madera, libros y documentos, todos están sujetos a descomposición por hongos. En el Quito colonial, por ejemplo, se han encontrado estructuras de madera que están siendo afectadas por hongos y que ponen en riesgo a las edificaciones o artefactos. En el convento de San Agustín, la Sala Capitular, que es una de las joyas del arte quiteño y además tiene un valor histórico importantísimo por ser el lugar donde se firmó el Acta de Independencia en agosto de 1809, su techo artesonado está sujeto por vigas de madera que presentan síntomas de degradación (Fig. 2). En la biblioteca del mismo convento existen documentos y libros antiguos con graves afecciones de hongos. Igualmente, en otros edificios que forman parte del patrimonio histórico de la ciudad como el monasterio de las Madres Agustinas, se ven graves síntomas de pudrición en los cimientos de varias habitaciones, así también en la Casa Gillespie existe evidencia de madera degradada (Fig. 2). Este ataque de los hongos a la madera pone en riesgo al patrimonio de la ciudad.

### **¿Cómo salvar estas construcciones y artefactos históricos?**

Se debe empezar por identificar correctamente las especies de hongos que causan la degradación y comprender su biología. Al conocer mejor cuáles hongos son los responsables y cómo cumplen su ciclo de vida, se pueden proponer alternativas para manejar el ambiente y reducir o eliminar la descomposición y así conservar las estructuras. Hay que identificar el tipo de degradación que se está produciendo, si es pudrición blanca, café o blanda, y bajo qué condiciones los hongos han podido proliferar en ese sustrato. Así, por ejemplo, al guardar artículos valiosos de madera o celulosa bajo condiciones ambientales controladas de baja humedad y temperatura puede frenar su degradación; hacer un saneamiento del artefacto y tratar a la madera infectada con inyecciones de fungicidas específicos o resinas en el tejido también es una alternativa; sin embargo, esta puede tener riesgos de toxicidad para las personas y animales. Otro aspecto importante que se debe considerar es que muchas de estas especies de hongos degradadores son prolíferos productores de esporas que se dispersan fácilmente por el aire. Varias de las esporas, algunas tóxicas, pueden causar afecciones respiratorias o alergias. Por lo tanto, el control de la degradación no solo es necesaria para salvar la madera histórica, sino también para cuidar la salud de las personas que viven en o visitan las edificaciones.

Las áreas de estudio relacionadas a hongos son vastas, y necesitan de nuestra atención. En este mundo no solo existe la destrucción del hábitat natural, que ha llevado a miles de especies a extinguirse o estar

en peligro de hacerlo, sino también nuestro patrimonio cultural está en peligro, en este caso, a causa de los fabulosos hongos degradadores de madera.

### **Bibliografía**

- Blanchette, R. A. 2000. *A review of microbial deterioration found in archaeological wood from different environments*. International Biodeterioration & Biodegradation 46:189-204.
- Blanchette, R.A., Haight, J.E., Koestler, R.J., Hatchfield, P.B. and Arnold, D. 1994. *Assessment of deterioration in archeological wood from ancient Egypt*. Journal of the American Institute for Conservation 33:55-70.
- Blanchette, R. A., Held, B. W. and Jurgens, J. A. 2008. *Northumberland House, Fort Conger and the Peary Huts in the Canadian High Arctic: current condition and assessment of wood deterioration taking place*. In: Historical Polar Bases – Preservation and Management. Edited by S. Barr and P. Chaplin. ICOMOS Monuments and Sites No.XVII. International Polar Heritage Committee, Oslo, Norway. pp.96. ISBN 978-82-996891-2-0.
- Filley, T.R., Blanchette, R., Simpson, E., and Fogel, M.L. 2001. *Nitrogen cycling by wood decomposing soft-rot fungi in the "King Midas tomb"*, Gordion, Turkey. PNAS, 98: 13346-13350. doi/10.1073/pnas.221299598
- Held, B.W and Blanchette R.A. 2017. *Deception Island, Antarctica, harbors a diverse assemblage of wood decay fungi*. Fungal Biology 121:145-157.

# La rana que no sabía que la estaban hirviendo

■ Por Mtr. Pol Pintanel<sup>1,2</sup>, Ph. D. (c), Dr. Luis M. Gutiérrez-Pesquera<sup>1</sup>, Lcdo. Andrés Merino-Viteri<sup>3</sup>, Ph. D. (c), Dr. Miguel Tejedo<sup>1</sup>  
 polpintanel@hotmail.com, lmpesque@gmail.com, armerino@puce.edu.ec, tejedo@ebd.csic.es

<sup>1</sup> Departamento de Ecología Evolutiva, Estación Biológica de Doñana, CSIC, Avda. Américo Vespucio s/n, 41092 Sevilla, España. <sup>2</sup> Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Avinguda Diagonal 643, 08028 Barcelona, España. <sup>3</sup> Laboratorio de Ecofisiología, Escuela de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Av. 12 de Octubre 1076 y Roca. Quito, Ecuador.

**H**abía una vez una ranita que nadaba plácidamente en una olla, lo que no sabía es que esta se iba calentando muy lentamente. Al principio el agua se volvió tibia —¡qué feliz estaba la rana!— pero luego empezó a calentarse más. A la rana ya no le gustaba tanto esa temperatura pero no se inquietó y siguió en su olla; además, el calor empezó a darle un poco de fatiga y sueño. Al cabo de un tiempo, con el agua ya bien caliente, la rana estaba tan debilitada que no podía moverse. La temperatura siguió subiendo hasta que al final la rana terminó cocinada y murió. Si la rana hubiera entrado en la olla con el agua ya bien caliente, se habría salvado de un solo salto.

Esta historia, aun no siendo científicamente del todo cierta, sirvió al filósofo y escritor Oliver Clerc para explicar cómo acabamos aceptando y viviendo situaciones que no son favorables a nosotros mismos si los hechos van llegando de una forma progresiva.

A lo largo del tiempo, se ha comparado al planeta Tierra con esa olla que no para de calentarse sin que nos demos cuenta. El cambio climático es actualmente una de las grandes amenazas para la biodiversidad y para la propia existencia de la especie humana. Se ha podido

constatar que durante el período comprendido entre 1880 a 2012 la temperatura media del planeta se ha incrementado 0.85 °C. Los modelos físico-matemáticos del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) prevén, con una elevada certeza, que este aumento de la temperatura media continuará durante el presente siglo entre 2-4 °C, según los distintos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, pero además y de manera muy alarmante, que los eventos térmicos extremos, como olas de calor y de frío, inundaciones y tornados, se incrementarán en frecuencia y/o fuerza en las próximas décadas. Las consecuencias del calentamiento global sobre la biodiversidad ya se han podido constatar empíricamente en numerosos organismos, incluidos especialmente los anfibios. Se están produciendo cambios significativos en la distribución y periodos de actividad, así como desajustes en las interacciones biológicas, que pueden resultar problemáticas si estas especies no presentan mecanismos de mitigación como pueden ser, cambios evolutivos rápidos o aclimatación a las nuevas circunstancias climáticas, y en último extremo, la migración directa a zonas más favorables. Los anfibios son especialmente vulnerables a los cambios en su ambiente debido a su condición de ectotermos, su

piel húmeda y permeable, su ciclo de vida complejo y finalmente por su escasa capacidad de dispersión. Actualmente, son el grupo de vertebrados más amenazados a nivel mundial. De las especies conocidas de las que se tiene información, el 41 % presentan algún grado de riesgo para su conservación. Parece que la olla era más compleja, y nuestra ranita se enfrenta a otros problemas adicionales; precisamente, aquí es donde empieza nuestra historia.

## Nuestro paso por Ecuador

Ecuador es un país afortunado por su extraordinaria biodiversidad. Es el tercer país con mayor riqueza de anfibios del planeta con aproximadamente 580 especies reconocidas hasta el momento, de las cuales más de un 40 % son endémicas. Su pequeña superficie lo convierte en el país con mayor densidad de anfibios del planeta. Si a esto añadimos su compleja orografía, que determina un extraordinario crisol climático, Ecuador se convierte en un extraordinario laboratorio natural para conocer las consecuencias del calentamiento global sobre la biodiversidad y los anfibios en particular. A este país llegamos nosotros, un grupo internacional compuesto por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y la Estación Biológica de Doñana, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Sevilla, Es-



Figura 1. Equipo de trabajo del Laboratorio de Ecofisiología en sus tareas de campo y laboratorio.

paña), con el objetivo de estudiar la evolución de la fisiología térmica en los anfibios de Ecuador a lo largo del gradiente altitudinal de los Andes, lo que nos permitirá predecir con mayor precisión las consecuencias del calentamiento global en las distintas poblaciones y especies (Fig. 1). Aunque el proyecto se inició algún tiempo atrás, con la colaboración de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), la colecta de datos no comenzó hasta finales del año 2014 cuando se implementó el Laboratorio de Ecofisiología de la Escuela de Ciencias Biológicas de la PUCE, instalado inicialmente en una sala anexa a la Iniciativa de Conservación “Balsa de los Sapos”. Durante este tiempo hemos podido recopilar una completa e interesantísima información sobre ecofisiología térmica de unas 100 especies ecuatorianas, algo así como el 20 % de todas las especies de anfibios descritas en el país. En este trabajo describimos los objetivos y resultados principales obtenidos hasta la fecha.

### Cocinando ranas

Volviendo a la historia de la rana de Clerc, y como ya anticipamos, la historia no es del todo correcta desde el punto de vista científico. En la verdad científica, de hecho la rana escapa, si tiene oportunidad, como hemos podido comprobar en nuestros experimentos de determinación

de los límites de tolerancia al calor, mucho antes de que la temperatura supere su zona térmica de confort. En nuestros experimentos, hemos determinado el rango de temperaturas dentro del cual las especies son capaces de nadar: la temperatura crítica máxima (CT<sub>max</sub>) y mínima (CT<sub>min</sub>). Temperaturas que, una vez superadas, implicarían la muerte del animal. La estimación de estos valores se obtiene mediante la exposición de los individuos a tasas de calentamiento o enfriamiento, previa aclimatación a una temperatura constante durante un par de días, hasta que el animal pierde por completo la movilidad y no es reactivo a estímulos táctiles. Aunque no es estrictamente una temperatura letal, en su hábitat natural, estas tempera-

turas no permitirían probablemente la supervivencia de los individuos, al no poder escapar de depredadores o no obtener comida.

De manera complementaria a las estimaciones de las temperaturas críticas, en nuestro proyecto hemos examinado igualmente cómo la variación en la temperatura modula la respuesta de variables asociadas a la eficacia biológica (*fitness*) como el crecimiento y la respuesta antidepredadora. Para ello definimos experimentalmente las curvas de desempeño térmicas (*Thermal performance curves*, TPC) caracterizadas por un aumento progresivo en el rendimiento hasta llegar a su valor máximo o temperatura óptima (Topt) (Fig. 2). Pasado ese valor óptimo se produce una bajada

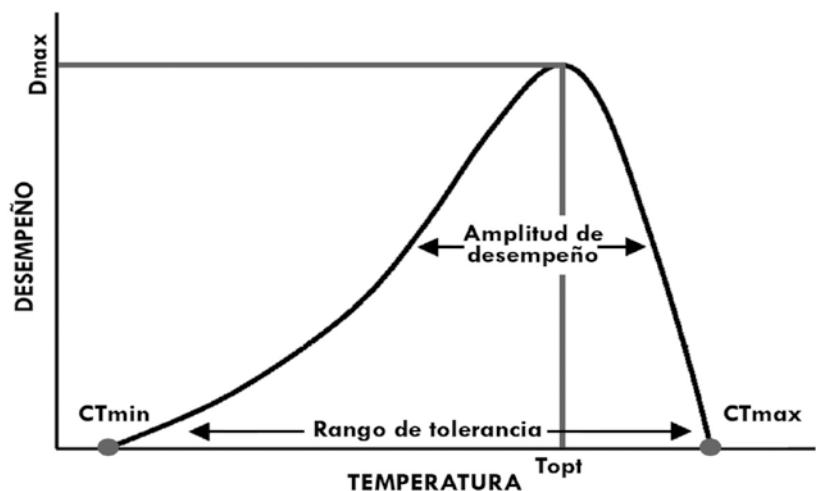


Figura 2. Curva de desempeño térmico típica con los parámetros que la conforman. La temperatura óptima (Topt) es la temperatura que maximiza el desempeño de la función (Dmax). La temperatura crítica mínima (CT<sub>min</sub>) y temperatura crítica máxima (CT<sub>max</sub>) definen el rango de tolerancia en el que el desempeño del organismo es posible.

drástica del desempeño. Una de las variables biológicamente relevantes que usamos para estimar las TPCs fue el crecimiento en los renacuajos. Para ello mantuvimos grupos de renacuajos expuestos a distintas temperaturas del agua, mantenidas de manera constante, durante un período de unos diez días con comida *ad libitum*. Midiendo el peso de los distintos individuos al inicio y final del experimento, se obtuvo la tasa de crecimiento de cada individuo para cada especie y temperaturas seleccionadas.

### De montañas y anfibios

¿Son los pasos de montaña más altos en los trópicos? Con esta pregunta, el investigador estadounidense Daniel Janzen (1967) sostuvo que las especies tropicales estarían más limitadas a dispersarse altitudinalmente que las especies templadas por la existencia de barreras fisiológicas. Las montañas tropicales, a diferencia de las templadas, se caracterizan por ausencia práctica de estacionalidad anual que da lugar a la formación de pisos climáticos a distintas altitudes. Esto produciría la adaptación fisiológica de los organismos a su clima local que actuaría de barrera a la dispersión. Esta hipótesis predice que los rangos de tolerancia térmica de las especies tropicales serían menores que los de las especies templadas.

Pocos estudios han logrado caracterizar la fisiología térmica de una comunidad en un gradiente altitudinal tan amplio, especialmente en vertebrados. Nosotros hemos analizado alrededor de unas 100 especies de anfibios desde zonas bajas de la costa y cuenca amazónica hasta los páramos andinos de Ecuador (5m-4200m). Encontramos, como era predecible, una disminución de los

De hecho, y tal y como sugerían autores como Stevens (1992), las especies más termotolerantes suelen tener mayores rangos de distribución en altitud.

límites térmicos a lo largo del gradiente altitudinal. Menos evidentes eran las adaptaciones tan extremas al frío que han adoptado de forma convergente diferentes linajes de anfibios que ocupan altitudes por encima de los 2000 m. Estos ambientes, especialmente los páramos por encima del límite del bosque, están caracterizados por una gran variabilidad térmica diaria y unas temperaturas frías extremas. Esta gran variabilidad climática está asociada con la presencia de especies adaptadas a tolerar temperaturas bajas (por debajo de 2 °C), y por tanto, con mayor amplitud de tolerancia térmica. Igualmente las especies de zonas bajas que viven en zonas abiertas o perturbadas, con alta variación diaria de las temperaturas, presentan igualmente rangos de tolerancia térmica mayores a aquellas especies que viven en áreas térmicamente menos variables como ríos o charcas dentro del bosque. De hecho, y tal y como sugerían autores como Stevens (1992), las especies más termotolerantes suelen tener mayores rangos de distribución en altitud.

### Nadando entre depredadores

Los biólogos experimentales tratamos de simplificar nuestro objeto de estudio para poder contrastar

hipótesis. Asumimos, en nuestro caso, que los rasgos fisiológicos de una especie no dependen de la presencia o densidad de otros miembros de la comunidad, como si de un ecosistema vacío se tratara. Las estrategias térmicas que siguen los organismos dependen de las estrategias de otros organismos como competidores, depredadores y parásitos, entre muchos otros. Por ejemplo, una rana destinará menos tiempo a la termorregulación corporal en presencia de depredadores y, por lo tanto, se mantendrá a temperaturas subóptimas para garantizar la supervivencia. Nuestros estudios con larvas de odonatos (libélulas), principales depredadores de las larvas de anfibios, revelan que estas pueden tolerar temperaturas muy superiores a los renacuajos (aproximadamente 5 °C más). Esta diferencia tan notable entre depredador y presa podría tener consecuencias en las tasas de depredación y, por tanto, en la supervivencia de los renacuajos dentro de un contexto de calentamiento global. Actualmente la tesista Paola Chávez, del Laboratorio de Ecofisiología, está profundizando en el análisis de la variación de algunos parámetros térmicos (CTmax, CTmin y T<sub>opt</sub>) en depredadores de larvas de anfibios de pozas tropicales para valorar las consecuencias futuras que el incremento de temperatura puede tener a nivel de comunidad.

### Cambio climático y deforestación

Se predice que las especies de zonas bajas tenderán a subir en altitud o latitud para compensar el incremento de temperaturas. Debido a que no existe remplazo de especies para las poblaciones de bajas latitudes y/o altitudes se espera que las zonas más afectadas por la pérdida

de biodiversidad serán los bosques tropicales de zonas bajas. De todas formas, las especies de alta montaña parecen ser más vulnerables al cambio climático que las de zonas bajas, debido a la incapacidad de desplazarse en altitud a zonas con temperaturas más favorables, junto a un incremento más pronunciado de las temperaturas y los cambios en las interacciones bióticas, menos complejas en las comunidades de alta montaña.

Pronosticar los efectos del cambio climático es entonces un importante reto que actualmente afrontamos los biólogos. La obtención de toda información fisiológica es de capital importancia, ya que nos permite definir con mayor precisión el nicho fundamental de las especies y planificar estrategias de remediación ambiental, como translocaciones a ambientes propicios donde las poblaciones y especies no puedan dispersarse. Requerimos, además, la descripción de las características térmicas microambientales a las que están expuestas las poblaciones para evaluar su estado de amenaza. Es decir, evaluar qué poblaciones y especies están expuestas a temperaturas próximas a sus límites térmicos y, por tanto, candidatas susceptibles de sufrir estrés térmico.

Nuestros resultados sugieren que las poblaciones de zonas bajas son las más susceptibles a sufrir estrés térmico, mientras que las especies de zonas altas están actualmente menos expuestas a sufrir temperaturas estresantes. De todas formas, aunque el margen de seguridad a olas de calor en zonas altas es grande, no sabemos si un prolongado aumento de las temperaturas pueda tener consecuencias negativas no letales en las poblaciones, que reduzcan su capacidad de rendimiento. Así

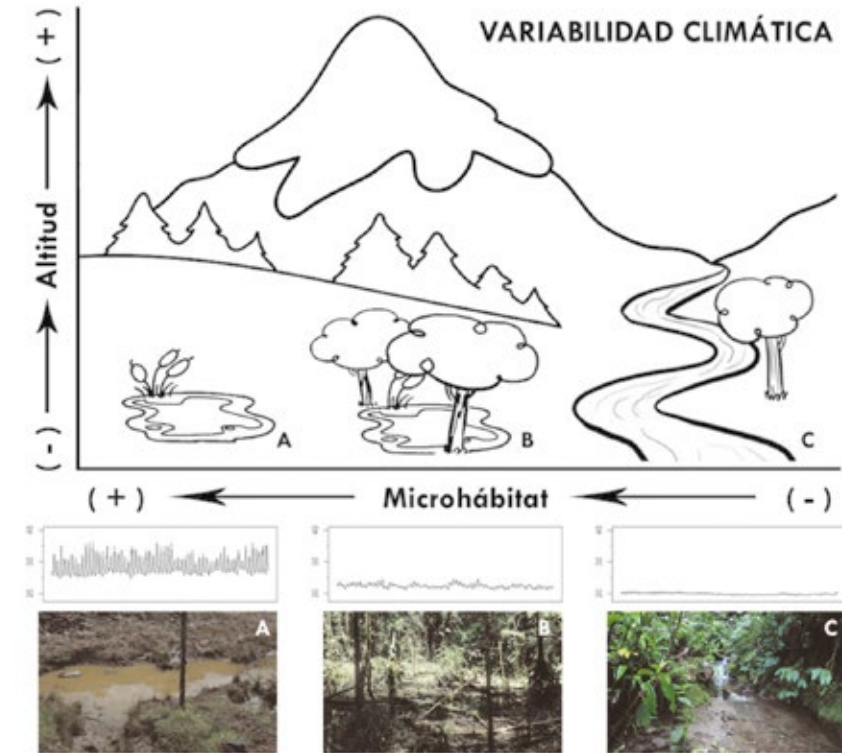


Figura 3. Variabilidad climática espacial. La amplitud térmica diaria en los trópicos tiende a aumentar en altitud y según el microambiente térmico: (A) poza abierta, Durango (Esmeraldas) a 25m de altitud; (B) poza sombreada, Puyo (Pastaza) a 1070m de altitud y (C) riachuelo, Mindo (Pichincha) a 1070m de altitud. Junto a la fotografía, el perfil térmico (en °C) con dos meses de información de cada uno de los microambientes.

como también los efectos negativos que pudiera tener la interacción con otros organismos competidores, depredadores, parásitos o patógenos que logren migrar desde altitudes más bajas.

Los rangos térmicos de las especies de zonas forestadas, donde las temperaturas son menores y constantes, son más estrechos que los de las especies de zonas abiertas (Fig. 3). El aumento de la deforestación junto con el cambio climático podría tener un efecto sinérgico negativo en esas poblaciones, ya que la deforestación puede llegar a cambiar drásticamente el microclima de las pozas y arroyos de ambientes deforestados.

Si nuestra olla sigue hirviendo, es probable que todas las ranitas no

puedan escapar y acaben cocinadas. Esperamos que esta, siga siendo solo una fábula.

## Bibliografía

- Anguilleta, M.J. (2009) *Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis*. Oxford Univ Press, Oxford, UK.
- Clerc, O. (2005) *La grenouille qui ne savait pas qu'elle était cuite... et autres leçons de vie*. Marabout.
- Gutiérrez-Pesquera, L.M. et al. (2016) *Thermal tolerance across latitudinal and altitudinal gradients in tadpoles*. Doctoral Thesis. Universidad de Sevilla [https://www.researchgate.net/publication/303825084\\_Thermal\\_tolerance\\_across\\_latitudinal\\_and\\_altitudinal\\_gradients\\_in\\_tadpoles](https://www.researchgate.net/publication/303825084_Thermal_tolerance_across_latitudinal_and_altitudinal_gradients_in_tadpoles).

# Plantas medicinales de Ecuador: usos tradicionales, estrategias, marco legal y algunos datos estadísticos nacionales e internacionales

■ Por Omar Vacas Cruz  
omarvacas@yahoo.com

## Algunos datos estadísticos mundiales de especies vegetales

El interés mundial por la utilización de las plantas medicinales ha provocado una creciente demanda de las mismas. Son innumerables las personas que recurren diariamente al poder curativo de la naturaleza. El 80 % de la población mundial depende de los medicamentos elaborados con metabolitos secundarios provenientes de las plantas, ya que las sustancias bioactivas sintéticas no están al alcance de todos debido al precio de venta al público. Esta situación se da especialmente en los países en vías de desarrollo. Sin embargo, en las naciones occidentales industrializadas, donde los medicamentos químico-sintéticos ocupan un puesto dominante, los fitofármacos constituyen un segmento relevante. La facturación mundial anual procedente de la venta de medicamentos de origen vegetal ronda los \$ 20 mil millones de dólares.

De las 35 000 plantas medicinales utilizadas en todo el mundo, dos tercios proceden de recolecciones silvestres. Sin embargo, los nuevos cultivos y la repoblación de plantas silvestres no se ha fomentado con la misma intensidad, lo cual, con el paso del tiempo, ha hecho que la supervivencia de algunos miles de

plantas con aplicaciones médicas corra un serio peligro de desaparecer.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cerca del 28 % de las especies vegetales tienen una aplicación médica, se estima que el 30 % de fármacos comercializados y el 40 % que se encuentran en pruebas clínicas son derivados de plantas en un mercado cuyo valor económico se calcula en \$ 50 mil millones de dólares.

## Datos estadísticos nacionales de las plantas medicinales

Según el proyecto denominado “Investigaciones innovadoras sobre plantas medicinales en el Ecuador”, proyecto Senescyt PIC-12-INIAP-002, realizado entre 2013-2015 por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), se registraron 2910 especies con uso medicinal para Ecuador, correspondientes a 2747 especies de Angiospermas, 154 especies de Pteridophytas y 9 especies de Gimnospermas, de las cuales el 75 % son nativas, el 5 % endémicas, el 20 % introducidas; y del 100 %, el 16 % son cultivadas.

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

Las provincias que registran más de mil especies con usos medicinales, son: Napo (1659), Pichincha (1496), Sucumbíos (1144), Orellana (1096), Pastaza (1075), Morona-Santiago (1063) y Esmeraldas (1039).

Por otro lado, y de acuerdo a De la Torre *et al.*, (2008), 3118 son usadas con fines medicinales; pero el proyecto Senescyt PIC-12-INIAP-002, determinó que 232 especies de estas presentaban datos insuficientes; por lo tanto, el 56 % de las especies reportadas en el Ecuador tienen usos medicinales.

Entre otros estudios realizados en el Ecuador tenemos el de Lescure *et al.*, 1988, que describe alrededor de 600 plantas usadas por cinco grupos étnicos: Cofanes, Kichwas, Siona-Secoyas, Shuar y Waorani. La descripción incluye nombres científicos y sinónimos. Sin embargo, no existe información sobre los elementos activos de estas plantas.

Es importante mencionar la información etnobotánica que maneja la Asociación de Mujeres Parteras Kichwas del Alto Napo “AMUPAKIN”, es alrededor de 680 especies, valor que representa el 22 % del total de especies usadas con fines medicinales en el Ecuador. Esta diversidad de plantas y usos, se ubica en el segundo lugar, después del grupo étnico Kichwas del Oriente que tienen el 26 %.

## Usos medicinales tradicionales en el Ecuador

Conviene resaltar el valor medicinal tradicional de algunas plantas (para mayor información cfr. *Enciclopedia de las Plantas Útiles de Ecuador*, 2008); *Diccionario de plantas útiles del Ecuador* y la App. FLORAMED.



Figura 1. Verbena (*Verbena littoralis*). Baja la fiebre.



Figura 2. Guayaba (*Psidium guajava*). Trata diarrea.



Figura 3. Paico (*Chenopodium ambrosioides*). Elimina parásitos intestinales y amebas.



Figura 4. Cascarilla (*Cinchona pubescens* y *Cinchona officinalis*). Cura malaria o paludismo.



Figura 5. Tsinpuyu (*Witheringia solanaceae*). (*Duranta triacantha*). Trata granos en la piel, eczema, sarpullido y espinillas.



Figura 6. Caballo chupa (*Equisetum giganteum*). Trata afecciones renales y diuréticas.



Por Omar Vacas Cruz

Figura 7. Uña de gato (*Uncaria tomentosa*). Trata cánceres de piel, próstata, senos, leucemia y en general tumores malignos.



Por Omar Vacas Cruz

Figura 8. Uvilla de monte (*Nicandra physalodes*). Alivia afecciones de los ojos, como cataratas, pterigium y problemas varios de visión.

### Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional (2014-2023)

En muchos países existen formas de curación tradicionales firmemente arraigadas en sus respectivas culturas e historias. Algunas formas de medicina tradicional, por ejemplo, ayurveda, medicina tradicional china y unani, que son populares en el ámbito nacional, se practican también en todo el mundo. Al mismo tiempo, se utilizan ampliamente algunas formas de medicina complementaria; a saber, medicina antroposófica, quiropráctica, homeopatía, naturopatía y osteopatía.

En los sistemas de salud de todo el mundo, los niveles de enfermedades crónicas y los costos de atención sanitaria son cada vez más elevados. Tanto los pacientes como los dispensadores de atención de salud están exigiendo la revitalización de los servicios de salud y una atención

individualizada centrada en la persona. Esto incluye la ampliación del acceso a productos, prácticas y profesionales de Medicina Tradicional y Complementaria (MTC). Más de 100 millones de europeos utilizan actualmente la MTC; una quinta parte de ellos recurre regularmente a la MTC, y una proporción similar prefiere atención sanitaria que incluya la MTC. El número de usuarios de MTC es mucho mayor en África, Asia, Australia y América del Norte.

La diversidad de reglamentos y categorías reglamentarias para los productos de MTC dificulta la evaluación exacta de la magnitud del mercado de productos de este tipo de medicina en los Estados Miembros. Sin embargo, los datos disponibles sugieren que ese mercado es sustancial. Según estimaciones, en 2012 los productos de materia médica china representaron \$ 83 100

millones de dólares, un incremento de más del 20 % respecto del año anterior. En la República de Corea, los gastos anuales en medicina tradicional fueron de \$ 4400 millones de dólares en 2004, y aumentaron a \$ 7400 millones de dólares en 2009. En 2008, en los Estados Unidos, los usuarios pagaron \$ 14 800 millones de dólares para adquirir productos naturales.

### Otras medicinas en Ecuador y su avance a la legalización

La Constitución 2008 menciona en su Art. 360 lo siguiente: “El sistema garantizará, a través de las instituciones que lo conforman, la promoción de la salud, prevención y atención integral, familiar y comunitaria, con base en la atención primaria de salud; articulará los diferentes niveles de atención; y **promoverá la complementariedad con las medicinas ancestrales y alternativas**”



(Título VII. Régimen del Buen Vivir. Capítulo Primero. Inclusión y Equidad. Sección Segunda.

Siguiendo las recomendaciones de la OMS, el país ha continuado avanzando en el camino de establecer reglamentaciones que permitan integrar la medicina y terapias alternativas dentro del sistema de salud pública, algunas de las cuales utilizan para sus tratamientos plantas medicinales nativas e introducidas.

Cabe mencionar que en el país podemos encontrar espacios que ofrecen sanación a través de métodos holísticos, shamánicos o simplemente naturales; pues, ya no es algo que se remite exclusivamente a territorios alejados o selváticos. Las autoridades del Ministerio de Salud Pública (MSP) reconocen que tan solo en Quito y Guayaquil en el año 2009 existieron cerca de 1500 centros que daban estos servicios.

En septiembre de 2016, el Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP) realizó el lanzamiento de la “Normativa para el ejercicio de Terapias Alternativas”. La normativa se aplicará a toda actividad que se relacione con el desarrollo y prácticas de terapias alternativas en el Sistema Nacional de Salud. Este conjunto de normas tiene el objetivo de regular, vigilar y controlar la práctica de estos métodos terapéuticos.

Si bien, previamente, en 2014, el MSP expidió ya un “Reglamento que regula el ejercicio de los profesionales en Medicinas Alternativas”, este solo comprendía a la Homeopatía, la Acupuntura y la Moxibustión, que deben ser ejercidas por profesionales médicos, con título de cuarto nivel en la materia. Sin embargo, con esta nueva normativa la institucionalidad abre el

campo a un amplio espectro de terapias para que se desarrollen dentro del marco legal.

En este nuevo acuerdo ministerial se establece una clasificación de las terapias alternativas que pueden acceder a un permiso sanitario. Estas son: terapias integrales o completas, que incluyen a la Naturopatía y a la Terapia Andina, y que requieren de 3200 horas de formación por parte de los terapeutas; las terapias de ma-

**En Ecuador la práctica médica tradicional, desafiando al tiempo, se mantiene vigente. Por lo tanto, el uso medicinal de las plantas está ampliamente difundido en el país. Se estima que alrededor de siete de cada 10 ecuatorianos hace uso de ellas para la atención primaria de salud.**

nipulación y basadas en el cuerpo, que comprenden la Quiropraxia, la Osteopatía, la Digitopresión, la Kinesiología y la Ozonoterapia, que también requieren de 3200 horas de formación; y las prácticas de bienestar de la salud, entre las que se cuentan el Reiki, el Shi kung, el Tai chi, el Shiatsu, el Biomagnetismo, la

Reflexología, el Yoga y las Terapias Florales, las cuales requieren de 200 horas de formación.

En Ecuador, la práctica médica tradicional, desafiando al tiempo, se mantiene vigente. Por lo tanto, el uso medicinal de las plantas está ampliamente difundido en el país. Se estima que alrededor de siete de cada 10 ecuatorianos hace uso de ellas para la atención primaria de salud, debido fundamentalmente a que tanto el campesino indígena como los marginados urbanos, encuentran limitaciones para acceder a la medicina occidental, tanto por resistencia a una cultura y racionalidad diferentes como por el alto costo de la misma.

#### **Bibliografía**

- Brito, B. 2012. *Investigaciones Innovadoras sobre plantas medicinales en el Ecuador*. Quito: Proyecto Senescyt PIC-12-INIAP-002.
- Chiriboga, X. 2010. Validación de plantas medicinales del Ecuador. Pp. 189-196 en: Naranjo, P. (ed). 2010. *Etnomedicina y etnobotánica avances en la investigación*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, Ediciones Abya-Yala.
- Fundación Taitas y Mamas Yachaks del Ecuador. 2010. *Medicina Ancestral*. Quito: Ministerio de Cultura del Ecuador.
- Grünwald, J. y C. Jänicke. 2006. *La farmacia verde*. Madrid: Editorial Everest.
- Organización Mundial de la Salud. 2013. Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional, Ginebra.
- Villacrés, V (coord.). 1995. *Bioactividad de plantas amazónicas*. Quito: Organización de Estados Americanos, Universidad Central del Ecuador, Ediciones Abya-Yala.

# *Passer domesticus* vs. *Zonotrichia capensis*: invasor y nativo en el mismo ambiente andino

■ Por Dr. Tjitte de Vries  
Laboratorio de Avifauna  
tdevries@puce.edu.ec

## Introducción

**H**ace 17 años, en *Nuestra Ciencia* (2000, 2:36-37) nos preguntábamos: “¿Por qué al gorrión europeo no le gusta Quito?”. En ese entonces, no tuvimos una respuesta convincente; en cambio, hoy, en el 2017, podemos afirmar que el *Passer domesticus* nunca llegó a Quito. En efecto, desde 1996, con los estudiantes que reciben conmigo el Curso de Ecología presentamos registros de la presencia de este gorrión europeo que llegó por primera vez al Ecuador en 1969 y que se expandió hasta Esmeraldas en 1977. Su patrón de dispersión en la Sierra ha sido lento: en 1974 desde Vilcabamba avanzó hasta Cuenca, Riobamba, Ambato.

Siempre con la curiosidad latente de saber si este gorrión habitaba Quito, desde 1996 hasta el 2017, los estudiantes de Ecología de la PUCE presentaron censos del gorrión *Zonotrichia capensis*. Para ello, se dividió la ciudad en 22 parcelas en las cuales grupos de 2 a 3 estudiantes realizaron el censo, indicando la localidad del gorrión (o gorriones) en las calles de su parcela. Este censo nos permitió no solo obtener datos de la población de *Zonotrichia* antes y después de la llegada del gorrión europeo *Passer domesticus* sino en especial afirmar que el gorrión europeo no llegó a Quito.

## ¿Los quiteños conocen bien a su gorrión doméstico?

A pesar de que *Zonotrichia capensis* es el ave más común en Quito, se podría decir que es muy poco conocida por los estudiantes y por la gente en general. De 30 estudiantes a quienes se les pidió que hicieran un dibujo de este gorrión, ninguno pudo hacerlo con detalles de colores, de plumaje y proporciones (véase ejemplo de la figura 1). Ellos, los estudiantes, ven diariamente el gorrión en el campus de la Universidad, pero no se fijan en los matices; pues una cosa es mirar y otra, muy diferente, observar con detenimiento.

## Datos de convivencia común de estos dos gorriones

Además de los censos en Quito, también hicimos censos en los pueblos alrededor de Quito, en Puembo, El Quinche, Pifo, Guayllabamba, Puellaró, Perucho y San José de Minas, en donde *Passer* y *Zonotrichia* viven juntos. De esta manera tenemos datos de las poblaciones de *Zonotrichia* en Quito en las diferentes parcelas (por ejemplo, en 2003 un total de 3536 individuos en 15 parcelas, (promedio 236, rango 121–450). Haciendo una extrapolación de las 22 parcelas en Quito serían en total 5192 gorriones de *Zonotrichia*. Las diferencias en las distintas parcelas tienen relación con la presencia o ausencia



Figura 1. Dibujo de un estudiante. Abajo su intento; arriba después de observar a conciencia al gorrión en el campus de la PUCE.

de áreas verdes (parques, jardines). En el centro histórico se observaron solamente 28 *Zonotrichia*, domina la paloma mensajera *Columba livia*, con 633 individuos (solo en la plaza de San Francisco hay 387, datos del 2007). En Puembo, censamos en el 2012, 277 *Zonotrichia*, y 101 *Passer*; en cambio, en 1999, encontramos 142 *Zonotrichia* y 153 *Passer*; lo cual evidenciaba que *Zonotrichia* se mantenía con la presencia de *Passer*. En la región andina hay una dispersión no continua; por ejemplo, en Ibarra y Otavalo no hay *Passer*, pero sí hay en Atuntaqui. En el pueblo de El Ángel observamos un grupo de 8 a 10 individuos en el parque central en el

2003, pero desaparecieron después. Entonces no todas las colonizaciones tienen éxito a largo plazo. En Guayllabamba y Puenbo, *Passer* desapareció de las palmas *Phoenix* del parque central (2014), pero algunos se los puede encontrar en las calles y la colonia está en un sitio que aún no hemos localizado. En la figura 2, hemos indicado en rojo los pueblos de alrededor de Quito que tienen una población establecida de *Passer domesticus*. Es notable, y sin una explicación simple, que en pueblos como Cumbayá, Tumbaco, Sangolquí, Conocoto, Pintag hasta la fecha (2017) no se ha registrado la colonización de poblaciones de *Passer*.

### Otros datos interesantes de *Passer* y *Zonotrichia*

Landeta (2006) hizo un estudio de la dinámica de grupo y la consecuencia para el rol de gregarismo en el proceso de establecimiento del gorrión europeo. En este estudio se formaron grupos de 2 y 10 parejas traslocándose en áreas rurales entre Latacunga y Riobamba, en lugares donde no había presencia de gorriónes europeos. Los grupos soltados



Figura 2. Los pueblos con *Passer domesticus* en los alrededores de Quito, indicados con rojo.

fueron seguidos por medio de la telemetría, una vez que se colocó un radiotransmisor a un macho escogido al azar por grupo. Los resultados de este estudio demostraron “durante la expansión los grupos de 2 y 10 individuos no se mantuvieron unidos, y después de las 155 horas se quedaron solos o se unieron a poblaciones ya establecidas” (Landeta, 2006). Esperábamos que los gorriónes europeos, como son gregarios, iban a quedarse en grupo. Los resultados del estudio demostraron que el gorrión europeo no es grega-

rio durante el proceso de establecimiento. No hubo unidad dentro de los grupos traslocados.

Merece mencionar que en Europa *Passer* anida bajo los techos de las casas; como por ejemplo en mi pueblo natal, Niawier, al norte de Holanda, en donde he visto de 3 a 5 parejas al borde del techo donde hay espacio para que los gorriónes entren. (Figuras 3 y 4). En Italia, he visto al gorrión europeo habitando en la palma *Phoenix*.

En el Ecuador, hemos encontrado los nidos centralizados en los

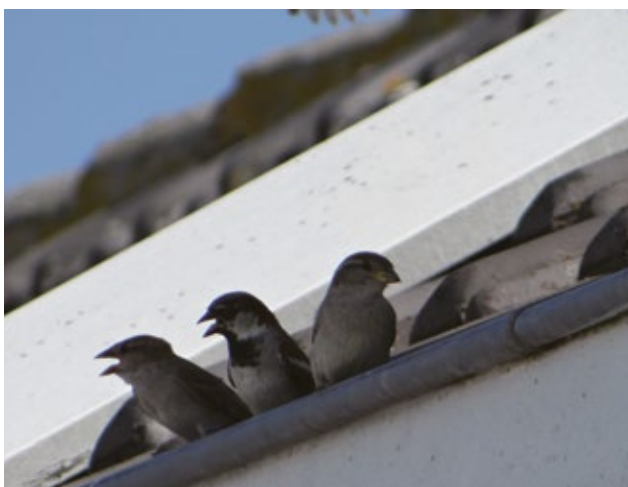


Figura 3. *Passer* al borde de un techo en Dordrecht, Holanda

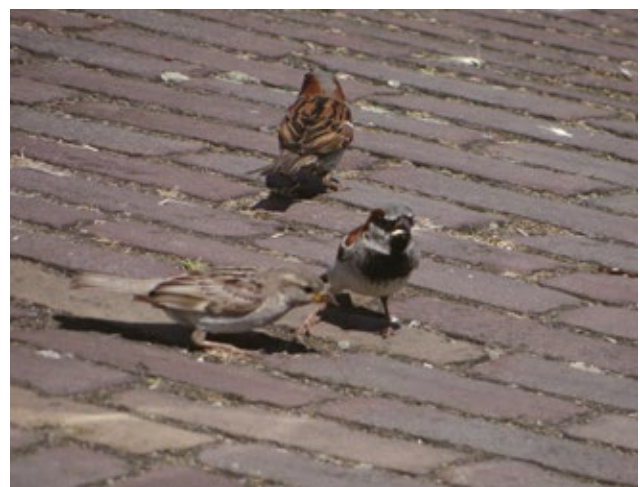


Figura 4. *Passer* en una calle en Dordrecht, un “straatbeeld”, escenario típico en todos los pueblos en Holanda y Europa (hay 130 000 000 de gorriónes en Europa).



Figura 5. Los huecos en el tronco de *Phoenix* una vez que fue cortado las hojas.



Figura 6. Una pareja de *Passer* frente de su nido en la palma *Phoenix* en la plaza central de Perucho.

huecos de las hojas cortadas de la palma *Phoenix canariensis* (figuras 5 y 6) en los parques centrales de los pueblos o en huecos de paredes de bloques rotos (Checa, Mompiche, Puerto López).

En los Estados Unidos, el gorrion europeo fue introducido por el señor Nicolas Pike en 1851 (8 parejas en Brooklyn, New York, el actual Central Park). En 1852, pidió 100 más desde Liverpool, Inglaterra. En 50 años, el gorrion se expandió desde el este al oeste en todos los Estados. En América del Sur hay introducciones en 1872 en Buenos Aires; 1905 en Río de Janeiro; 1904 en Santiago de Chile, 1953 en Lima, y en 1969 en Ecuador (se demoró 16 años para llegar al Ecuador desde Perú).

Siempre se ha preguntado el porqué de estas introducciones. La respuesta es muy simple y a la vez enternecedora: el ser humano, en este caso el colono, siempre quiere tener a la vista un “pedacito de su tierra” que le recuerde su cultura y su vida pasada. Tiene que llevar algo suyo e imperecedero a la tierra nueva.

### Recomendación

En el museo de Historia Natural de la Universidad de Kansas hay

14 000 pieles de gorriones europeos embalsamados en la colección, que fueron usados por Richard Johnston en su estudio sobre la evolución de gorriones en América del Norte. Creemos que algo parecido se debería realizar en Ecuador; por esto, merecen analizarse las poblaciones de estos gorriones en los diferentes pueblos del Ecuador con un estudio de la variación y relación en base



Figura 7. Vista ventral y lateral de un macho *Passer domesticus*, atrapado para marcarlo con anillos de colores.

del ADN. Precisamente, en 2008, iniciamos con Paolo Piedrahita la faena de anillar gorriones europeos y tomar muestras de sangre de su población en Puenbo (figura 7). Es importante continuar este tipo de estudios en otras poblaciones.

*Passer* y *Zonotrichia* nos esperan con sus diminutos saltitos, con sus suaves gorjeos, con sus vuelos imperceptibles. Estos gorrioncillos nos transmiten el deseo de vivir con sencillez, en alegría, en solidaridad y en paz.

### Bibliografía

- Landeta, C. 2006. “Dinámica del tamaño de grupo y su consecuencia para el rol de gregarismo en el proceso de establecimiento del gorrion europeo (*Passer domesticus*) en los Andes del Ecuador”. Tesis de licenciatura de Ciencias Biológicas, PUCE
- Müller, P.(Ed.). 2006. Mus: natuur and cultuur van de huismus. *Tirion Uitgevers BV, Baarn, Holanda.*
- Van der Plas-Haarsma, M. 1980. De Huismus. Dieren Dichterij 9. *Uitg. Het Spectrum. Utrecht, Holanda.*
- De Vries, T. (2000). “¿Por qué al gorrion europeo no le gusta Quito?” en *Nuestra Ciencia* 2: 36-37.

# Whymper, los Carabidae y el cambio climático.

## Edwar Whymper (1840 – 1911)

■ Por M. Sc. Álvaro Barragán  
Laboratorio de Entomología  
arbaragan@puce.edu.ec

### Edwar Whymper (1840-1911)

**C**ada vez que empiezo mis clases de entomología pregunto a mis alumnos si saben ¿en dónde queda la calle Whymper? Ellos responden rápidamente con datos que me hacen saber que muchos sí conocen la calle. Luego pregunto: ¿quién fue Edward Whymper? Y el silencio reina en la sala.

Confieso que antes de llegar a la PUCE a estudiar Biología tampoco lo sabía, y fue mi profesor Giovanni Onore quien me contó, entre muchas historias maravillosas que él narraba, algunas de las anécdotas de Whymper en su viaje al Ecuador y fue él quien me introdujo en su libro *Travels Amongst the Great Andes of Equator* que se publicó en 1881 en Londres. Este libro recopila el relato del viaje realizado por el autor a lo largo del Ecuador desde su desembarco el 9 de diciembre de 1879 en Guayaquil, hasta su retorno a Londres el 30 de julio de 1880.

Este libro es una pieza fundamental para todo investigador de la historia de las ciencias en el Ecuador y guarda la tradición de las grandes obras de otros investigadores como La Condamine, Antonio de Ulloa, Humboldt y Boussingault. Por cierto, muchas calles e instituciones de Quito llevan sus nombres. La forma de redactar el libro puede producir

cierto choque cuando vemos que pese a su prudencia no puede disimular cierto desdén hacia la sociedad ecuatoriana de esos días; pero al mismo tiempo esta llena de detalles históricos, geográficos, culturales y artísticos que permiten seguir sus pasos por los lugares más comunes y remotos por donde él anduvo. Justamente este es uno de los aportes más importantes por los cuales estamos tras sus huellas.

La misión que Whymper vino a hacer en el Ecuador fue la de dilucidar las condiciones de vida a grandes alturas, las consecuencias de la rarefacción del aire y la baja presión en el organismo. Sus efectos nocivos los experimentó en sí mismo y en las de su equipo de trabajo. La expedición fue financiada por la Real Sociedad Geográfica de Londres. Esta expedición se realizó en Ecuador por una feliz casualidad; puesto que Whymper desistió de ir a los Himalayas y le fue imposible ir a Chile y Perú por la Guerra del Pacífico.

Pero, ¿qué tienen que ver los experimentos fisiológicos, mediciones barométricas y alpinismo con el Cambio Climático? La respuesta se da por la gran prolijidad de su trabajo, que al tratar de describir las características de la vida en la altura, recolectó una infinidad de plantas y animales que fueron enviados a expertos de Europa para su estudio, muchos de ellos fueron nuevos para la ciencia y aún se mantienen en



Edward Whymper.

museos de Historia Natural, como el de París y el Británico. La precisión de su información geográfica, mucho más prolija que la de sus predecesores Humboldt y Bondplant, hace que podamos comparar la distribución de dichas poblaciones con las actuales.

### Carabidae

Son insectos pertenecientes al orden de los coleópteros con una gran cantidad de especies descritas, más de 30 000 y otros miles por descubrir. Son insectos bastante conspicuos con un pronoto claro y definido que se nota del resto del tórax, muchas especies son negras o pardas aunque muchas veces tienen tonos metálicos. Son de hábitos mayoritariamente carnívoros, nocturnos,

Museo Nazionale della Montagna "Duca degli Abruzzi" - Centro Documentazione - Torino

que desempeñan un papel importante en las comunidades de invertebrados. En las montañas son uno de los grupos más abundantes de las zonas rocosas y pajonales. Son insectos muy utilizados para estudios por su gran diversidad, sensibilidad a cambios ambientales y facilidad de muestreo.

Durante casi un siglo, los trabajos sobre Carabidae de los Andes ecuatorianos fueron esporádicos pero aportaron algunos datos interesantes especialmente a nivel taxonómico. En la década de los ochenta, el desarrollo del museo de invertebrados QCAZ, gracias al impulso de Giovanni Onore, da la pauta para que investigadores de todo el mundo empiecen a trabajar sobre el tema, entre ellos un joven entomólogo francés, Pierre Moret, quien retoma la ruta de Whymper en busca de estos insectos a lo largo de las montañas del Ecuador

Moret muestreó los páramos del Ecuador en busca de carábidos durante casi dos décadas en viajes esporádicos, hasta estancias de dos años en más de 28 montañas distribuidas a lo largo del callejón interandino, recolectando, describiendo y reescribiendo un total de 204 especies que fueron presentadas en su libro *Los Coleópteros Carabidae del páramo en los Andes del Ecuador* un aporte muy significativo para estudios de la sistemática, la ecología y biogeografía de estos insectos en nuestro país

### El Cambio Climático

Los estudios sobre Cambio Climático en los Andes arrojan datos alarmantes en cuanto al aumento de temperatura; este cambio ha generado un impacto negativo con la desaparición de glaciares poniendo en riesgo la dotación de agua para agricultura y consumo humano pero



Por Pierre Moret

*Dyscolus megacephalus*

también sobre varias comunidades de plantas y animales que han sufrido procesos de extinción, cambios de distribución geográfica y también adaptación a este fenómeno.

En los diferentes trabajos realizados sobre insectos, se ha podido evidenciar que la altitud afecta directamente a la composición de comunidades, disminuyendo su diversidad o destinándolos a tener adaptaciones particulares con las cuales puedan sortear las presiones ambientales propias de las grandes altitudes como falta de oxígeno, alta radiación, clima extremo con temperaturas al punto de la congelación y otras que pasan los 35 °C, entre otras.

Estas adaptaciones que poseen los Carabidae, les permiten ser exitosos en condiciones extremas y organizarse en comunidades muy

bien definidas, que caracterizan los diferentes tipos de páramos existentes en nuestras montañas, como son: zonas de pajonal, que va de 3500 a 4200 msnm y superpáramo que va de los 4200 hasta los niveles glaciares a más de los 5000 msnm.

Justamente este proceso de adaptación se ha dado a lo largo de miles de años, pero en este último siglo es en donde se evidencia un aumento abrupto en la temperatura global, lo que ha provocado cambios evidentes en la distribución de las comunidades de carábidos, a lo largo de los gradientes altitudinales de los Andes ecuatorianos

Esto lo pudimos evidenciar en los recientes estudios que emprendimos en conjunto con miembros del QCAZ, estudiantes de mi curso de Entomología y la Universidad de



Por Álvaro Barragán

Pierre Moret, en el centro, con dos guías en Ozogoché.

Toulouse. Una primera aproximación se realizó con la disertación de María de los Ángeles Aráuz, en donde pudimos observar cambios evidentes en la distribución de ciertas comunidades que habían subido su rango altitudinal, mientras otras habían bajado sus abundancias relativas comparadas con los muestreos de Whymper en 1879 y de Moret en los ochenta.

Este “descubrimiento” alertó a Moret y lo impulsó a volver al Ecuador para revisar si esto era cierto, y emprendimos en un pequeño proyecto conjunto de revisión de los rangos altitudinales de los carábidos en los Andes. Nuestro sitio de muestreo escogido fue siempre el Pichincha por su cercanía, fácil acceso y pocos recursos económicos que disponíamos. Una materia optativa llamada exactamente, como este artículo, nos ayudó con la mano de obra necesaria, para subir a las montañas y recolectar estos insectos.

Las sorpresas y nueva información nos permitió concretar una publicación con evidencias claras de cambios altitudinales de ciertas comunidades de escarabajos como *Dyscolus diopsis* en el Pichincha, además de motivarnos a continuar con otras montañas y unirnos a grupos de investigadores de los páramos en proyectos complementarios.

Es importante mencionar el aporte de Emilia Moreno y Priscilla Muriel quienes siguiendo la trayectoria de Whymper, llegaron al Antisana, sitios en el cual en 1880, este científico recolectó dos especies de Carabidae: *Bembidion fulvinctum* y *Dyscolus megacephalus*. Durante el 2015 y el 2016 el grupo de investigación del proyecto MICCA (Monitoreo de los impactos del Cambio Climático en los altos Andes) junto a Piere Moret realizaron recolecciones manuales diurnas y

nocturnas así como trampeo con pitfall a lo largo de un gradiente altitudinal (4300-4900) en la cara occidental del volcán Antisana, además del re-muestreo de La Casa Hacienda (4035 msnm).

Los resultados del remuestreo indican un posible cambio de distribución de *Dyscolus megacephalus*, que fue registrado hace 200 años por Whymper a 4035 msnm pero que en la actualidad solo lo podemos registrar desde los 4400 msnm en adelante. Hasta el momento se han registrado 19 especies de la familia Carabidae en el volcán Antisana incluyendo una especie nueva para la ciencia.

Nuestro pequeño proyecto se está convirtiendo en una iniciativa multidisciplinaria, en donde grupos de ecólogos de ríos, glaciólogos, botánicos y entomólogos tratarán de unir sus esfuerzos para comprender los efectos del cambio climático en las comunidades de seres vivos. Justamente, otros jóvenes entomólogos como Saúl Aguirre, Esteban Bastidas y Washington Pruna han retomado los pasos del famoso alpinista inglés, y han comenzado a recorrer las difíciles montañas de los Andes ecuatorianos en busca de estos interesantes insectos. Seguramente en un futuro no muy lejano se verá el esfuerzo de su trabajo plasmado en publicaciones científicas que aporten elementos para el entendimiento de este fenómeno global.

Este trabajo abrió las puertas a nuevos jóvenes investigadores que se interesaron en el tema y se animaron a arriesgarse a soportar el frío, la fatiga, lluvia, granizo y demás condiciones que nos brinda el páramo. Pero al final quedaron fascinados con los paisajes, colores y vistas de estos lugares maravillosos y sobre todo de los Carabidae (eso es lo que esperamos los profesores, pero no



Álvaro Barragán subiendo a la cumbre del Guagua Pichincha.

siempre es así). Sin embargo, algo de lo que estoy seguro es que el nombre de Edward Whymper estará muy claro en sus mentes, y podrán transmitir esta bella historia de aventura, montañas e insectos.

## Bibliografía

- Whymper, E. 1892. *Travels Amongst the Great Andes of Equator*. Murray, London
- Moret, P. 2005. *Los Coleópteros Carabidae del páramo en los Andes del Ecuador*. Pontificia Universidad católica del Ecuador. Centro de Biodiversidad y Ambiente, Monografía 2, Quito, Ecuador.
- Moret, P., Arauz, M.D.L. A., Gobbi, M. & Barragan, A. (2016) Climate warming effects in the tropical Andes: first evidence for upslope shifts of Carabidae (Coleoptera) in Ecuador. *Insect Conservation and Diversity*, 9, 342–350.
- Parmesan, C. (2006) *Ecological and evolutionary respo.*
- Moret, P. Arauz, M.D.L.A., Gobbi, M., Barragán, A. 2016. “Climate warming effects in the tropical Andes. First evidence of upslope shifts of Carabidae (Coleoptera) in Ecuador”. *Insect Conservation and Diversity*. 9, 342 – 350.

# Estudiar invertebrados...

## ¿y con qué se come eso?

■ Por Lic. Fernanda Salazar y Dr. David Donoso  
 Museo de Zoología QCAZ, Sección Invertebrados PUCE; Museo de Historia Natural Gustavo Orcés EPN  
 mfsalazar@puce.edu.ec; david.donosov@gmail.com

*“Pues incluso en animales poco gratos a nuestros sentidos, la naturaleza que los construyó también ofrece a quienes los estudian extraordinario placer”.*

Aristóteles

¿Cuántos de nosotros –biólogos– hemos sido tildados de locos, cuando se nos ocurrió estudiar la pulga que está en la panza de los borreguitos? ¿El mosquito que se come la planta de tomate de la casa? ¿O te quedan viendo raro porque empiezas a llamar a los bichitos por sus nombres científicos? ¿Y qué decir de aquel que, a dónde va, se le ocurre escarbar en la tierra, esculcar las hojas de los árboles o debajo de las piedras y troncos caídos por el solo gusto de saber qué bichitos están ahí? Nada como acostarse en el jardín de la casa, caminar descalzo, mirar y maravillarse de la vida misma que aquí, entre nosotros, se desarrolla.

¿A cuántos de estos locos sus familias miran resignadas, porque en su audacia emprenden travesías por todo el Ecuador en busca de los seres fantásticos que habitan nuestros bosques, sorteando toda clase de dificultades, a caballo, a pie, en lancha, helicóptero y bus para hacerse de un botín: un frasco lleno de invertebrados que seguramente contiene especies nuevas y formas de vida maravillosas para ser estudiadas?

¿Será que vale la pena tanto esfuerzo y dedicación por estos seres tan pequeños?

Solo lo que se conoce se ama y el amar implica cuidar. Para quienes los estudiamos se han convertido en una pasión; dicen que para estudiarlos se necesita estar o muy loco o amar demasiado la vida sin importar su tamaño ni su aspecto. Por ello nuestro fin es contagiarles de esta locura y recordarles que aún hay más invertebrados que las bellas mariposas, las astutas arañas y los deliciosos cangrejos, y demostrar que tenemos mucho más por lo cual sentir orgullo de vivir en este nuestro Ecuador mega-diverso.

### ¿Por qué los invertebrados?

¿Por qué los invertebrados? Si hay otros animales hermosos como las nutrias y osos de anteojos, más grandes como las ballenas y los delfines, más coloridos como las ranitas y los peces y hasta más venenosos como las serpientes.

La abundancia de invertebrados es una de las razones de peso que nos mueve a estudiarlos. Como lo habíamos dicho en el artículo publicado en *Nuestra Ciencia* n.º16, 2014: los invertebrados son el grupo más diverso y abundante del planeta, representan el 75% de las especies conocidas, seguidos de las plantas con 18%, los vertebrados con el 4% y los hongos y protistas con el 3%.

Otra razón es el rol que cumplen en los diferentes ecosistemas. Sin ellos, ninguno de los grandes ani-

males podría sobrevivir, incluso los humanos desapareceríamos sin ellos. Constituyen el alimento de otros vertebrados e invertebrados, son polinizadores, son controladores biológicos, descomponedores de materia orgánica, entre otras funciones. Adicionalmente, los invertebrados son animales que están estrechamente relacionados con el hombre; nos alimentamos de su miel y hasta nos vestimos con los hilos de seda que ellos producen. Sin duda a pesar de estar muy ligados a la vida cotidiana del hombre, ser los más abundantes y cumplir funciones importantes en los ecosistemas son los menos conocidos, estudiados y por ende no conservados.

### ¡Invertebrados hasta en la sopa!

El consumo de los invertebrados en el Ecuador va más allá de excéntricas o curiosidades que se comentan en una sobremesa.

Para muchos quizá el término invertebrado no les resulta muy apetitoso; sin embargo, si hablamos de almejas, conchas, camarones, cangrejos, pulpos, pepinos de mar, calamares, langostas, etc. a todos se nos hará agua la boca. Pero no podemos dejar de lado a los escarabajos, hormigas, avispas, abejas, larvas de mariposas, grillos, libélulas, cigarras etc. que son menos comunes en los platos de los ecuatorianos, pero no menos deliciosos y nutritivos.

Los invertebrados han constitui-



do una parte importante de la dieta del hombre desde el principio, ya nuestros antepasados acostumbraban nutrirse de estos manjares y hoy se han convertido en tradiciones que forman parte de la riqueza cultural de nuestro país. Onore en 1997, registró 83 especies de insectos utilizados como alimento en Ecuador, pero quizá las dos especies comestibles más conocidas en nuestro medio son: el “catzo blanco” *Platycoelia lutescens* (Fig. 1) Blanchard 1850 (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae) de Quito y los valles aledaños y el “mayón” larva de *Rhynchophorus palmarum* Linnaeus 1758 (Coleoptera: Curculionidae), muy promocionado como parte del turismo culinario amazónico.

Si bien es cierto que la industria alimenticia de los invertebrados como los camarones mueve en el mundo aproximadamente 11 billones de dólares (Bernabé 2016), también es cierto que la producción de insectos para harina y comida para animales puede llegar a ser un recurso importante para saciar el hambre a nivel mundial. En nuestro país el manejo, cultivo y cosecha de los camarones es muy popular y forma parte de la economía local y nacional, cada año se exportan aproximadamente 2.600 millones de dólares y es considerado uno de productos de exportación no petrolero más importantes. Además, como parte del cambio de la matriz productiva del país, se ha empezado a explorar el cultivo de insectos y otros invertebrados como un producto potencial a nivel industrial.

Ya sea en ceviche, fritos, asados o a la plancha nuestros invertebrados son una delicia, y no solo que pueden generar divisas para el país sino que también son importantes para la seguridad alimentaria y el cuidado del medio ambiente según la FAO (Orga-

nización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). A pesar de que la cultura de consumir insectos no es muy extendida en nuestro país, quien quita que en un futuro no lejano podamos degustar los primeros choco-insectos o unas barritas energizantes a base de invertebrados.

### ¿Quieres probar mi poder?

Los seres más poderosos que los mismos capos de la mafia, temidos en todo el mundo, transmisores de enfermedades capaces de matar a millones de personas de un solo pinchazo, plagas de cultivos y alimentos capaces de devastar miles de hectáreas y poner en peligro la seguridad alimentaria de las personas, son los invertebrados (Fig. 2).

Se conoce una larga lista de estos poderosos animales que contempla a varios arácnidos y gasterópodos, pero sin duda los insectos la lideran y encabezan por su abundancia. Así entre los insectos transmisores de enfermedades, los zancudos de la familia Culicidae son los más peligrosos, ya que con su poder han sido capaces de matar ejércitos y mermar poblaciones; según Neira (2016), son causantes de enfermedades como la malaria, el dengue, la chikungunya, el zika entre otras. Por otro lado, los insectos plaga como saltamontes o langostas, polillas, hormigas, moscas, chinches etc. atacan los cultivos de productos alimenticios y pastos de animales, dejando a las poblaciones en hambruna y reportando grandes



Figura 1. Catzos (*Platycoelia lutescens*).

pérdidas económicas para los países.

En un esfuerzo por combatir contra plagas y enfermedades, el hombre se vio en la necesidad de implementar técnicas que aseguren su vida y su alimento. Hace 50 años el uso de plaguicidas fue la respuesta inmediata y aparentemente eficaz para combatirlas, las sustancias químicas se distribuyeron mundialmente a costos elevados. Con el tiempo se evidenciaron problemas de contaminación de alimentos y del medio ambiente, problemas de salud para los agricultores y la aparición de plagas resistentes (Nicholls 2008). Una vez más se tuvo que buscar una solución al problema, pero esta vez las investigaciones se centraron en aspectos del hábitat, ciclo de vida y ecología de los insectos, así se pudo determinar la presencia de enemigos que en estado natural controlan las poblaciones y que al ser ro-

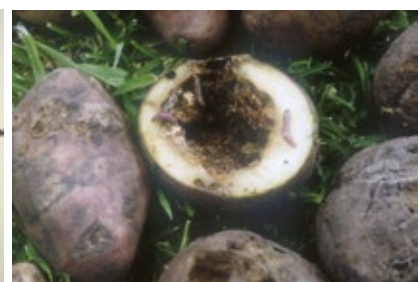


Figura 2. Zancudo transmisor de enfermedades y larvas de polilla plaga de la papa.

ciados con los químicos también eran eliminados, se descubrió que existen invertebrados que trabajan a nuestro favor como por ejemplo: *Icerya purchasi* (Hemiptera: Coccidae) plaga de varios cítricos que es controlada por su enemigo natural *Rodolia cardinalis* (Coleoptera: Coccinellidae) y las arañas que pueden controlar las poblaciones de zancudos vectores de enfermedades (Fig. 3).

En los últimos años el uso de químicos ha disminuido y en varios países se apuesta por la utilización de enemigos naturales y otras técnicas no contaminantes para controlar las plagas y



Figura 3. *Rodolia cardinalis* (Coleoptera: Coccinellidae) enemigo natural de *Icerya purchasi* (Hemiptera: Coccidae).

enfermedades. A nivel mundial cada vez más personas prefieren productos orgánicos, libres de químicos, y los productos de exportación deben cumplir una serie de estándares de calidad que aseguran el no estar contaminados. A pesar de los buenos resultados que se han conseguido con la investigación e implementación de técnicas que protejan el medio ambiente, la inversión económica para estos estudios es todavía escasa.

Tomando en cuenta que los ataques de plagas, las pérdidas económicas y las muertes por enfermedades transmitidas por los invertebrados no han podido ser erradicadas con el uso de químicos, podemos decir que el único camino que nos queda es una mayor inversión es la investigación, estudio y conocimiento de

las especies y funcionamiento del ecosistema. Quizá entonces al fin podamos decir: no más muertes de ningún ser vivo ya que la idea no es eliminar a nadie, sino más bien retornar al equilibrio natural que nos permitirá vivir a todos en armonía.

### Aspectos para tomar en cuenta

Descubrir la maravilla que encierran estos seres tan pequeños y para muchos insignificantes ha constituido para el hombre, desde su aparición en la tierra, el punto de quiebre entre vivir y morir.

Conocer que los invertebrados comestibles aportan proteínas y nutrientes de alta calidad y que su consumo puede salvar vidas, se ha logrado gracias a que hay locos en el mundo que han entendido la importancia de su presencia.

El estudio exhaustivo e incansable de quienes se han dedicado por completo a descubrir y entender ¿dónde viven?, ¿cómo viven?, ¿de qué se alimentan?, ¿con quién están relacionados en el ecosistema? son pilares fundamentales en el desarrollo de los países, no solo en las soluciones económicas y de salud pública como el caso de las plagas y enfermedades sino en el descubrimiento de nuevas medicinas o nuevas formas de combatir la contaminación.

Entre la gigantesca diversidad de invertebrados que albergan nuestros bosques, quién quita que podamos encontrar el degradador de plástico o el limpiador de derrames petroleros o la cura del cáncer.

Una vez más, la carrera contra el tiempo por la destrucción de nuestros bosques quizá nos deje sin llegar a conocer toda esa riqueza. Y el hablar de conservación de invertebrados se ha convertido en un reto difícil de implementar, no solo por la falta de especies carismáticas sino también porque los datos sobre la mayoría de invertebrados

son insuficientes para poder catalogarlos en listas rojas. Nos toca conformarnos con luchar por la no destrucción del hábitat.

Cuán importante es aprender a conocer y amar lo que nos rodea, –yo Fernanda Salazar– lo aprendí de mi director de tesis y otrora profesor de entomología en la PUCE: Giovanni Onore. Él me dijo algo muy importante que marcó mi forma de investigar y ver las cosas: “*es muy fácil matar y hay miles de formas, lo difícil es procurar la vida*”; esta fue mi primera lección después de fracasar varias veces al intentar criar larvas de mariposas, y es que el procurar la vida conlleva un sinnúmero de aspectos y detalles y para lograrlo con éxito hace falta poner el corazón.

Con tristeza vemos cada día cómo nuestra sociedad ha ido perdiendo esa conexión con el entorno, con los seres vivos con los que habitamos. Hemos perdido la capacidad de sorprendernos con las cosas sencillas y aprender de ellas, ¿dónde quedó la curiosidad de conocer lo que nos rodea? ¿Quizá es hora de retornar a nuestros inicios y empezar nuevamente a amar y redescubrir nuestra casa común!

### Bibliografía

- Bernabé L. 2016. Sector camaroneero: Evolución y Proyección a corto plazo. *Revista Escuela Politécnica del Litoral* 87.
- FAO. 2013. *La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente*.
- Neira M. 2014. “Una familia peli-grosa”. *Nuestra Ciencia* n.º16.
- Onore G. 1987. “A brief note on edible insects in Ecuador”. *Ecology of Food and Nutrition* 36:277-285.

# Campaña de lavado de manos en niños y jóvenes. Con manos limpias estamos sanos

■ Por Dra. Iliana Alcocer, Mtr. María Fernanda Yauri y Mtr. Mercedes Rodríguez-Riglos  
Laboratorio de Microbiología  
iralcocer@puce.edu.ec, mfyaurib@puce.edu.ec, merodriguez@puce.edu.ec

**L**a campaña de lavado de manos en niños y jóvenes: “Con manos limpias estamos sanos” la llevamos a cabo profesores y estudiantes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador desde octubre de 2015 (Fig. 1). Nació en el Laboratorio de Microbiología, donde se estudia la resistencia bacteriana en aislados clínicos provenientes de pacientes atendidos en la red de salud pública y privada del país. El laboratorio se estableció en el 2004 y en estos 13 años hemos sido testigos del aumento en el número de casos de pacientes que registran óbito causado por bacterias multirresistentes. El panorama es muy preocupante y la primera medida de control es el adecuado lavado de manos. Si esta



Figura 1. Docentes participantes en la Campaña de lavado de manos en niños y jóvenes: “Con manos limpias estamos sanos”. De izquierda a derecha: Dra. Iliana Alcocer, Mtr. Mercedes Rodríguez-Riglos, Mtr. Miryan Rivera, M. Sc. Carolina Portero y M. Sc. Fernanda Yauri.

práctica se enseña desde edad temprana y el hábito de lavarse bien las manos se mantiene en la edad adulta, mejoraremos la salud y la calidad de vida de la población. Para iniciar visitamos el Hospital Baca Ortiz, la escuela Mundo de los Genios (Fig. 2) y la escuela Terra Nova (Fig. 4). Hasta el momento hemos llevado la campaña a 400 niños. El mensaje que se entrega es que el adecuado lavado de manos ayuda a prevenir enfermedades para así tener una vida sana.

La dinámica para esto se hace a través del juego, pues trabajamos con niños de 2 a 7 años del nivel inicial y primaria. Por medio de preguntas sencillas y de un video de la Organización Mundial de la Salud, los niños van construyendo, incorporando y reconociendo la importancia del lavado de manos (Fig. 3).



Figura 2. Docentes y alumnos participantes en la Campaña de lavado de manos en niños y jóvenes: “Con manos limpias estamos sanos” en la escuela “Mundo de los Genios”.

Además, para que puedan visualizar a las bacterias se toman muestras de sus manos antes y después del lavado en placas de agar y se incuban a 37 °C por 24 horas (Fig. 4). Las bacterias crecen y los niños pueden ver colonias con crecimiento bacteriano. Para tomar la muestra de la mano sucia, tocan superficies que imaginan están sucias, generalmente el piso, y con sus deditos hacen el estriado en una placa de agar (la casita de las bacterias). Se les explica el procedimiento del lavado



Figura 3. Niños observando el video sobre ¡PROTEJA DE INFECCIÓN! La Guerra de los Gérmenes de la Organización Mundial de la Salud.



Figura 4. Dra. Iliana Alcocer tomando muestras de las manos de la niña Thaís Kozerski.

de manos con detalle, siguiendo los pasos recomendados por la Organización Mundial de la Salud.

Para la toma de muestra de la mano limpia, se lavan con agua y jabón, según el procedimiento aprendido. En una segunda visita se muestran los resultados a los niños y a las autoridades de la institución. Los niños al ver una colonia bacteriana se impresionan mucho y visualmente comparan la carga bacteriana de la placa de mano sucia con la placa de mano limpia (Fig. 5). Generalmente, llevan este mensaje a sus padres y así la enseñanza se multiplica.



Figura 5. Placas con muestras de manos. Mano sucia, antes del lavado (arriba) y mano limpia, después del lavado (abajo).

Pero, ¿por qué es importante lavarse las manos? El lavado de manos es uno de los métodos de higiene más básicos e importantes. Este simple acto puede prevenir enfermedades causadas por virus, bacterias y parásitos que se transmiten a través del contacto con diversas superficies o que circulan en el ambiente. Generalmente, se cree que los microorganismos se propagan a través del aire; pero se ha observado que los gérmenes se propagan con mayor frecuencia a través del contacto con manos contaminadas.

El lavarse las manos puede evitar la transmisión y desarrollo de enfermedades como la influenza, neumonía, tifoidea, cólera, parasitosis

intestinales, hepatitis A. Infecciones a los ojos (conjuntivitis), infecciones a la piel y la mayoría de los tipos de diarreas infecciosas. Con el lavado de manos se puede romper el ciclo de transmisión de patógenos. Todas estas enfermedades se contagian por contacto de persona a persona a través de las manos.

Históricamente se conoce que, a mediados del siglo XIX, la mortalidad de las mujeres que acudían a los hospitales para dar a luz, alcanzaba porcentajes muy altos (cerca al 30%). La causa de esta mortalidad era la fiebre puerperal, y, curiosamente, esta infección era mucho más común en las mujeres que alumbraban en hospitales que en las que lo hacían en sus casas. Ignaz Semmelweis, un médico de origen húngaro, que trabajaba en el Hospital General de Viena, impresionado por esta situación, observó cuidadosamente los procedimientos que se seguían para atender a las mujeres que ingresaban a dar a luz. Investigó, comparó datos de archivos del hospital y elaboró tablas estadísticas. Le llamó la atención el hecho de que médicos y estudiantes de medicina, que atendían enfermos graves o hacían autopsias, acudían luego a tratar a las pacientes sin lavarse las manos. Decidió imponer la obligación, para todo el personal, de lavarse las manos con agua, jabón y soluciones clorinadas, entre un paciente y otro. El resultado fue sorprendente para la época, la mortalidad por fiebre puerperal se redujo a menos del 10%. Casi en la misma época, en Estados Unidos, el médico Oliver Wendell Holmes, publicaba un artículo, en el que advertía sobre el peligro de que personal médico asistiera en partos, luego de realizar disecciones, sin tomar medidas higiénicas suficientes. Sin embargo, en ambos casos,

estas afirmaciones fueron objetadas por la comunidad médica y debió pasar mucho tiempo antes de que se creyera en la validez de las aseveraciones de Semmelweis y Holmes.

El lavado adecuado de las manos es la primera línea de defensa frente a la propagación de muchas enfermedades serias como la meningitis, bronquitis, influenza, hepatitis A. Es una de las medidas de higiene más simples, efectivas y económicas para prevenir enfermedades y salvar la vida de cientos de miles de niños y niñas que mueren innecesariamente todos los años (WHO, 2015).

Es una de las maneras más efectivas y económicas de prevenir enfermedades diarreicas y respiratorias que son responsables de la mayoría de muertes infantiles. Cada año, más de 3,5 millones de niños y niñas no llegan a celebrar su quinto aniversario de vida debido a la diarrea y a la enfermedad respiratoria aguda. La diarrea podría reducirse en gran medida si todos lavaran sus manos luego de ir al baño y antes de manipular los alimentos y comer. El lavado de manos con jabón es una actividad que salva vidas, una 'vacuna' que uno mismo puede aplicarse (WHO, 2015).

En el mundo, la diarrea es una de las causas principales de morbilidad, el 88% de las muertes por diarrea se deben a la falta de acceso a facilidades de saneamiento. Cada 20 segundos, un niño muere como resultado de un saneamiento precario, eso significa 1.5 millones de muertes al año que podrían prevenirse. Según la OMS el lavado de manos con agua y jabón reduciría el riesgo de las enfermedades diarreicas agudas en un 47 por ciento (WHO, 2015).

La UNICEF, en su incansable cuidado a los niños y niñas, hace campañas a nivel mundial para

propiciar el lavado de manos en las escuelas. Su campaña «wash in schools» tiene por objetivo concientizar sobre el lavado de manos y los múltiples beneficios que esto conlleva, no solo en la prevención de enfermedades, sino también en la inclusión social y el respeto individual (UNICEF, 2015).

Según la UNICEF, el lavado de manos mejora la higiene, con esto se reducen las enfermedades, por tanto aumenta la asistencia a la escuela, con lo cual mejora el aprovechamiento escolar y tiene además un efecto multiplicador en la familia y en las comunidades (UNICEF, 2015).

Adicionalmente, la promoción del lavado de manos está asociada con la garantía al acceso al agua segura y el mejoramiento del saneamiento. Las Naciones Unidas sugieren que cada persona necesita entre 20 y 50 litros de agua al día para asegurar sus necesidades de bebida, cocina e higiene. Según las cifras publicadas por el Programa Conjunto de Monitoreo para el abastecimiento de agua y saneamiento de UNICEF y la OMS, más de una persona por cada seis en el mundo, es decir 894 millones, no tienen acceso a la cantidad sugerida de agua (PAHO, 2015).

El 15 de octubre se celebra el Día Mundial del Lavado de Manos, pero es un llamado a practicarlo todos los días. Enraizar la práctica del lavado de manos con jabón antes de comer y después de usar el inodoro podría salvar vidas, reducir las muertes por diarrea casi a la mitad y evitar un cuarto de las muertes por infecciones respiratorias agudas. El hecho de que más personas se laven las manos con jabón podría contribuir de manera significativa a alcanzar la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio: reducir

## El cumplimiento de las normas de higiene de las manos demostrará a estudiantes y maestros la importancia de esta simple y económica práctica.

en dos terceras partes las muertes de niños menores de cinco años (PAHO, 2015).

El lavado de manos implica cinco pasos simples y eficaces: mojar, enjabonar, frotar, enjuagar y secar que se deben seguir a fin de mantenerse saludable.

El cumplimiento de las normas de higiene de las manos es muy escaso en todo el mundo, y concientizar sobre los beneficios que acarrea el acatar esta sencilla norma, y las repercusiones que pueden presentarse al no practicarla, demostrará a estudiantes y maestros la importancia de esta simple y económica práctica. Confiamos que con esta campaña se logre que las niñas y los niños sean agentes poderosos para lograr el cambio de comportamiento en la sociedad.

Por otro lado, el lavado de manos en el ambiente hospitalario es aún más importante. Según la Organización Mundial de la Salud, miles de personas mueren diariamente en todo el mundo a causa de infecciones contraídas mientras reciben atención sanitaria e indica que las manos son la principal vía de transmisión de gérmenes durante la atención sanitaria. La higiene de las manos es la medida más importante para evitar la transmisión

de gérmenes perjudiciales y evitar las infecciones asociadas a la atención sanitaria.

Todo profesional o persona que participe directa o indirectamente en la atención a un paciente, debe mantener la higiene de sus manos y saber cómo hacerlo correctamente en el momento adecuado. Para un correcto lavado de manos, la OMS detalla cómo hacer. Limpie sus manos frotándolas con un desinfectante a base de alcohol, como medio habitual preferente para desinfectarlas cuando estas no estén visiblemente sucias. Es más rápido, más eficaz y mejor tolerado. Además, recomienda lavarse las manos con agua y jabón cuando estén visiblemente sucias, manchadas de sangre u otros fluidos corporales, o después de usar el inodoro. Cuando se sospeche o se tenga constancia de haber estado expuesto a patógenos que liberan esporas, y en particular a brotes de *Clostridium difficile*, el método preferible consistirá en lavarse las manos con agua y jabón.

### Bibliografía

- PAHO, 2015. Día Mundial Del Lavado De Manos “Las Manos Limpias Salvan Vidas”. Disponible en [http://www.paho.org/col/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1297:diamundial-del-lavado-de-manos-las-manos-limpas-salvan-vidas&Itemid=460](http://www.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=1297:diamundial-del-lavado-de-manos-las-manos-limpas-salvan-vidas&Itemid=460)
- UNICEF. 2015a. Wash in schools. About water, sanitation and hygiene education in schools 2015. Disponible en: <http://www.unicef.org/wash/schools/>
- WHO, 2015. Salve vidas: límpiese las manos <http://www.who.int/gpsc/5may/video/es/> Organización Mundial de la Salud, 2014.

# Para una alfabetización ecológica

■ Por Dr. Olivier Dangles,

Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR EGCE, IRD-247 CNRS-UP Sud-9191, 91198 Gif-sur-Yvette cedex, France; Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Quito, Ecuador.  
olivier.dangles@ird.fr

*“Los hombres tienen el entero dominio de las cosas de la Tierra. Disfrutamos del campo y las montañas; los ríos y lagos son nuestros, nosotros sembramos el trigo, plantamos los árboles, fecundamos la tierra haciendo llegar las aguas. Nosotros detenemos los ríos, los acondicionamos y los desviamos. Por último nos esforzamos, con el trabajo de nuestras manos, en hacer de la Naturaleza como otra naturaleza”.*

*Cicerón, Sobre la Naturaleza de los Dioses, 44 a. J.C.*

## Creando una otra tierra

**E**n “Sobre la naturaleza de los dioses”, diálogo filosófico que Cicerón escribió hacia el final de su vida, y que trata ante todo de las relaciones entre religión y política, Cicerón estipula que el mundo se creó “para los dioses y los hombres”, opinión que él presenta como una ley fundamental de la naturaleza por ejercer una profunda influencia sobre la vida y la gobernanza de la ciudad. Si bien la obra de Cicerón presenta para el filósofo un análisis detallado del pensamiento divino durante la antigüedad, para el ecólogo es uno de los primeros testimonios sobre la relación de las sociedades antiguas con la naturaleza, que no es muy distinta al de las sociedades contemporáneas. En efecto, desde la antigüedad, el hombre ya había cambiado radicalmente su entorno, principalmente a través de sus actividades agrícolas y las infraestructuras que había construido. En palabras de Cicerón, el hombre ya había creado en esa época “otra naturaleza”. Desde la época de Cicerón, el apetito de los seres humanos por los recursos del planeta ha aumentado de manera exponencial; la especie humana ha acelerado des-

proporcionadamente su impacto sobre dichos recursos a través del desarrollo exponencial de sus actividades, principalmente desde la revolución industrial y, de manera cada vez más apremiante, en las tres últimas décadas. Si hace 10 000 años, los seres humanos y sus animales domésticos representaban el 0,1 % de la biomasa de los mamíferos, este porcentaje alcanza hoy el 90 %. Gracias a las imágenes satelitales, los proyectos Timelapse (<http://world.time.com/timelapse>) y World of Change (<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange>) permiten explorar la evolución de cualquier lugar en la superficie del planeta desde el comienzo de los años ochenta hasta nuestros días. Deforestación en el oeste de Brasil, expansión de las minas y explotaciones de gas de esquisto en América del Norte, desecación del Mar de Aral, urbanización de Dubai o deforestación de los bosques de la costa del Ecuador, los cambios en la superficie de la Tierra son espectaculares por su magnitud y rapidez. De hecho, la biosfera se ha transformado de manera durable: aunque el hombre reduzca significativamente –y en un plazo relativamente corto– sus actividades generadoras de cambio de hábitat y de modificación del clima, la Tierra seguiría sufriendo

siglos de desajustes climáticos, de desaparición de especies y una alteración de los ecosistemas y los servicios que prestan a las poblaciones humanas. Nuestra especie, en cierto modo, ha creado en un tiempo muy corto a escala geológica “otra Tierra”, una tierra significativamente diferente de la que existía cuando la especie humana surgió.

## De la necesidad de transmitir el conocimiento científico

Los cambios que transformaron a la Tierra son ahora tan profundos que ponen en peligro el funcionamiento de la biosfera, poniendo de facto en peligro el futuro de la humanidad. Ante este hecho, las causas y consecuencias más o menos a largo plazo de estos cambios globales han sido objeto de una multitud de estudios científicos en los últimos treinta años. Aparecieron muchas revistas especializadas, y las temáticas vinculadas a los cambios globales están diariamente en primera plana de las revistas científicas más prestigiosas. Estos estudios han facilitado la aparición de muchos conceptos y palabras clave (p. ej. resiliencia, antropoceno, punto de quiebre, trampas ecológicas etc.) para entender mejor el medio ambiente natural en constante cambio en el cual el hombre y las demás

especies viven ahora. No obstante, esta información científica de una importancia capital continúa limitada a las revistas especializadas, las cuales, de hecho, son inaccesibles al público en general que en su mayoría está mal informado de los retos de la crisis ambiental que enfrenta la humanidad. La transmisión de esta información científica, de suma importancia para el público general y para los tomadores de decisión, tanto políticos como económicos, es lenta. Demasiada lenta en vista de la velocidad de cambio global. Los ciudadanos en su mayoría siguen siendo mal informados acerca de los desafíos de la crisis ambiental que amenaza el futuro de la humanidad.

Surgen, entonces, dos preguntas: ¿Y si el desastre ambiental actual fue en parte un reflejo de la falta de alfabetización ecológica? ¿Si nuestra incapacidad para reconocer el impacto de nuestras decisiones individuales sobre el medio ambiente era el principal obstáculo para identificar e implementar soluciones sostenibles para reducir sus efectos? La respuesta que se escucha es: «¡Pero, no se preocupen! Las emisiones de “Naturaleza” nunca han estado tan presentes en la televisión (ver el éxito del último Planet Earth II de la BBC), en el cine (la película *Avatar*, con cerca de 2,7 mil millones de ingresos, ha tenido el mayor éxito cinematográfico de la historia) o en el Internet!» Por desgracia, el consumo de la naturaleza a través de los medios de comunicación acrecienta relativamente poco conocimiento y la conciencia ecológica de los ciudadanos. La naturaleza no se presenta generalmente como un medio de vida, sino como un producto visual. Por otra

parte, debido a la dificultad en la comprensión de la complejidad del sistema de la Tierra y la demanda de una información cada vez digerida, sintética y «twiteable», los medios de comunicación a menudo desacomplan el mensaje ambiental de la realidad del cambio.

### Promover la eco-alfabetización

¿Qué hacer? En la filosofía del movimiento de alfabetización ambiental (Eco-literacy) en los Estados Unidos en la década de los noventa o de la Asociación de Pequeños ingeniosos en Francia, la alfabetización ambiental se define como la capacidad de reconocer



Niño pintando el planeta Tierra

que las opciones individuales tienen efectos sobre el medio ambiente, y de identificar y aplicar soluciones sostenibles para reducir estos impactos. Se requiere el aprendizaje de los principios ecológicos, el pensamiento sistémico y la práctica de valores ambientales, principios que permitirán pasar de una mentalidad dominante a una relación de cooperación y de no-violencia en el sentido de la naturaleza y de los seres humanos. Es de suma importancia revisar a fondo la historia de la Tierra que contamos a nuestros hijos e incorporar conocimiento científico acumulado en las últimas décadas. Decir a los ciudadanos, jóvenes y

viejos, ya que entramos en el Antropoceno, una nueva era geológica caracterizada por la dominación de los seres humanos, lo primero que deben ser alcanzados son los límites del sistema de la Tierra. Que la imagen de la Tierra hecha de hábitats naturales alterados por las actividades humanas ya no existe y que ahora vivimos en un mosaico de sistemas humanos –los entornos artificiales– en el que están incrustados en ecosistemas no alterados. Que la conservación de especies en un contexto de crisis económica obliga a las personas a tomar decisiones sobre las especies que deben protegerse, practicar un tipo de selección a menudo subjetiva a la luz de los conocimientos científicos. Que la extinción de una especie, o incluso de una población, equivale en perder un camino evolutivo original, una unidad funcional individual resultante de procesos evolutivos que se produjeron durante millones de años.

Sin embargo, la alfabetización ecológica de los ciudadanos de hoy y mañana no solo debe centrarse en la relación entre las personas y la naturaleza, sino en especial en la relación profunda entre los seres humanos. Nuestro comportamiento social ha evolucionado durante millones de años para la adquisición de características tales como la preferencia por la vida en pequeños grupos, dando prioridad a nuestra supervivencia y reproducción y la de nuestros descendientes, centrándose en los problemas inmediatos o en la agresión a mantener nuestra propiedad. De hecho, los hombres siempre deben adaptarse rápidamente a los cambios de su propio nicho ecológico que ellos mismos están creando y cambiando

cada día. Todavía nos es difícil organizarnos en grupos grandes para hacer frente a los problemas globales o para dar prioridad a la supervivencia y el bienestar de las poblaciones genealógicamente demasiado lejos de nosotros. Además, el tema de la crisis del medio ambiente es particularmente difícil de entender, ya que está lleno de procesos “perturbación-respuesta del sistema” no lineales y de bucles de retroalimentación negativa y positiva.

### Tener experiencias en la naturaleza

Por lo tanto, además de la formación teórica, el conocimiento del medio ambiente debe centrarse en las experiencias directas con el mundo natural, a fin de que los ciudadanos puedan desarrollar una comprensión más profunda e íntima de cómo es el sistema de la Tierra. En otras palabras, el conocimiento ambiental que se proporciona, sobre todo, en la escuela debe ser enriquecido con una alta dosis de escenarios y juegos en la naturaleza, en la ciudad o en el campo. Estos «laboratorios» son fáciles de implementar, los cambios en la Tierra no se limitan solo a algunas zonas remotas, no solo son visibles desde un satélite o incluso un helicóptero, se los puede ver en los marcos de nuestra puertas, de camino al trabajo o escuela, en una caminata de domingo en familia en un parque o un bosque. Como escribió Jean-Jacques Rousseau en «Emilio, o de la Educación», en 1762: “Cerraré todos los libros. Sólo uno está abierto a todos los ojos, el de la Naturaleza. [...] Nadie tiene la excusa de no leerlo porque habla a todas las personas una lengua inteligible a todos los espíritus”. En este sentido, la educación presentada por Rousseau



Experiencias con la naturaleza son indispensables para asegurar la eco-alfabetización de los niños.

no tiene por finalidad preparar al niño a una función o posición social definidos, sino en el oficio de hombre, de ciudadano del futuro, ligado moralmente otros seres humanos.

Estas experiencias directas con la naturaleza son sumamente importantes, puesto que cada vez más la gente en su vida cotidiana está olvidándose de estar en contacto directo con los entornos naturales y su vida silvestre. Desafortunadamente, la pérdida de interacción con la naturaleza no solo disminuye una amplia gama de beneficios relacionados con la salud y el bienestar, sino que también desalienta las emociones positivas, actitudes y comportamiento respecto al medio ambiente, lo que implica un ciclo de desafección hacia la Naturaleza. Tales consecuencias graves nos hacen ver la importancia que debe tener para las personas el retomar el contacto con la naturaleza; puesto que esta experiencia es clave para vislumbrar un buen futuro.

### Para concluir

En la Conferencia de Río de Janeiro realizada en 1992, en la Agenda 21 se recogía el siguiente concepto: la alfabetización ambiental. La alfabetización ambiental se ha convertido en una estrategia importante para el fortalecimiento de la responsabilidad colectiva ante los

retos ambientales actuales. Prácticamente, la alfabetización ambiental propone la democratización de las decisiones en las comunidades de aprendizaje y promueve la reflexión, el pensamiento crítico, la imaginación y la creatividad. Aunque se tengan dudas sobre el hecho de que la pedagogía pueda o no ser suficiente para decidir la orientación económica y política de una sociedad, la importancia de este nuevo paradigma que integra ecología y educación parece crucial y es un gran desafío del Siglo XXI. En nuestra manos está continuar haciendo todo lo posible para educar a nuestros hijos en la responsabilidad con el medio ambiente, porque esta actitud permitirá que puedan vivir en la Tierra con dignidad, con amor y con felicidad...

### Bibliografía

- Capra F., 1999 – Ecoliteracy: the challenge for education in the next century. Berkeley, CA, Center for Ecoliteracy.
- Miller K., 2010 – Environmental literacy and green volunteer opportunities for your community. Public Libraries Online. [www.publiclibrariesonline.org](http://www.publiclibrariesonline.org).
- Orr D., 1992 – Ecological literacy: education and the transition to a postmodern world. New York, University of New York Press.
- Soga, M., & Gaston, K. J. (2016). Extinction of experience: the loss of human–nature interactions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(2), 94-101.
- Wals A. E. J. et al., 2014 – Convergence between science and environmental education. *Science*, 344 : 583-584.



# Crónicas cromatográficas: de escribir con colores a descifrar estructuras

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

## Introducción

**L**as mezclas están presentes en todo cuanto nos rodea, desde el aire que respiramos, el agua y las comidas que ingerimos hasta la tinta de la impresora que se usó para poner esta revista en sus manos. Saber su composición nos permite, entre otras cosas, asegurar su calidad y comprobar su identidad, de modo que estamos seguros que el agua que bebemos no contiene nada peligroso para nuestra salud o que el aceite de oliva es realmente de oliva y no de girasol. Quienes confirman estas aseveraciones son los analistas químicos que trabajan en diversos laboratorios de industria, control o investigación, y para ello se valen de varios instrumentos y técnicas, entre ellas, la cromatografía.

La cromatografía es una técnica de separación de mezclas que se aplica en muchas investigaciones de índole química, física y biológica. Mediante esta técnica se puede conocer la composición de una sustancia o identificar un compuesto que sea de interés; así, tanto si se desea saber si una cerveza tiene vitaminas como si se quiere conocer los compuestos que le dan el aroma a las rosas, habrá que aplicar algún tipo de cromatografía, y digo “algún tipo” porque hoy en día hay más de 10 variantes de la técnica, a saber: de

papel, de capa fina, de columna, de gases, de líquidos, de intercambio iónico, de permeación en gel, flash, de alta eficiencia, de ultra alta eficiencia, de convergencia, etc.

Si bien cada tipo de cromatografía tiene sus particularidades, todas ellas se basan en un solo principio: la distribución de una sustancia entre dos fases. Estas fases se denominan: estacionaria y móvil, de acuerdo a su papel durante la separación; así, la fase móvil está en constante movimiento atravesando a la fase estacionaria, la cual, como su nombre lo indica, permanece en un solo lugar. Dependiendo de la afinidad de un compuesto por cada fase, este se desplazará con la fase móvil o se quedará retenido en la fase estacionaria. Como esta afinidad es característica a cada compuesto, ya que depende en gran medida de su estructura química, se pueden separar incluso aquellos que sean muy parecidos entre sí... claro, con las condiciones adecuadas. Aplicando este principio se ha logrado avances científicos importantes, como aislar compuestos que luego se han convertido en medicamentos, conocer la secuencia de aminoácidos de ciertas proteínas, dilucidar los mecanismos de las reacciones en nuestro cuerpo, en las plantas o incluso en la atmósfera [1].

Para llegar a estos importantes avances, la cromatografía recorrió un camino vertiginoso, especial-

mente en los últimos 50 años, cuando de mano del desarrollo de la electrónica y la computación se lograron mejoras sustanciales en los instrumentos. La historia de esta técnica no fue precisamente “un camino de rosas”, ya que después de su invención, pasó por un breve olvido y fue redescubierta años después, cuando gracias a dedicados investigadores logró alcanzar el vigor y la importancia que tiene hoy día.

## Tsvet: el origen

Mikhail Semenovitch Tsvet (también escrito Tswett) fue el inventor de la cromatografía; desgraciadamente, no se reconoció la magnitud de su aporte sino hasta años después de su muerte, como les ha sucedido a otros grandes personajes. Si bien existen publicaciones de técnicas similares anteriores a la de Tsvet, la invención se le atribuye a él por ser el primero en reportar una aplicación sistematizada y, además, por ser quien le dio el nombre a la técnica.

La palabra “cromatografía” viene de dos vocablos griegos: *chroma* y *graphein*, color y escritura respectivamente, los cuales hacen referencia a la primera aplicación de la técnica: la separación de pigmentos vegetales. Hoy en día esta separación en particular es una sesión de laboratorio común y corriente para estudiantes universitarios, pero alrededor de 1900 era todo un reto y daba lugar a

sendas discusiones entre investigadores que no lograban llegar a resultados similares. Tsvet era un botánico de origen ruso que se doctoró en Suiza y, por circunstancias de la vida, se vio obligado a doctorarse nuevamente en Rusia para poder acceder a un puesto de trabajo allí. Durante su segunda investigación doctoral se concentró en desarrollar una forma de separar pigmentos en un solo paso, la cual expuso en dos artículos en 1906 donde enuncia: “Como haces de luz en el espectro, los diferentes componentes de una mezcla de pigmentos, obedeciendo una ley, se separan en la columna de carbonato de calcio y así pueden ser determinados cualitativa y cuantitativamente. Denomino a tal preparación un cromatograma y al método correspondiente, cromatografía” [2]. En un interesante juego de palabras, es posible que cromatografía signifique en realidad “escritura de Tsvet” y no “escritura con color”, dado que tsvet en ruso significa precisamente color.

En años subsiguientes, Tsvet siguió comprometido con la investigación, el uso y la difusión de su técnica. La Primera Guerra Mundial dificultó sus aspiraciones y comprometió su salud, al punto que al término de esta se encontraba gravemente enfermo. Después de su fallecimiento en 1919, la cromatografía entraría a un periodo de olvido, a pesar de haber sido aplicada con éxito por otros investigadores en Francia, Suiza y Alemania [2], puesto que para la concepción de la época, la cromatografía no permitía obtener compuestos puros como sí lo hacían procesos como la destilación y la cristalización. Hoy sabemos que una de las grandes ventajas de esta técnica es justamente la habilidad de separar compuestos que no necesariamente sean volátiles

(por tanto, que no puedan destilarse) y aquellos que no puedan cristalizarse fácilmente (como polímeros y proteínas).

### El impulso del Nobel

En los años 30, el interés por aislar únicamente los compuestos mayoritarios de una mezcla fue decayendo en favor de separar también aquellos que se encontraban en menor cantidad. Por aquella época se descubrieron las estructuras de varias vitaminas y se empezaba a hacer énfasis en la importancia de estas en la salud. La aceptación de la cromatografía se debió a los avances realizados con ella en la separación de los carotenoides (precursores de la vitamina A). Grupos liderados en Heidelberg-Alemania por Richard Kuhn, en Zúrich-Suiza por Paul Karrer y en Pécs-Hungría por László Zeichmeister lograron que en 1939 se reconociera que la cromatografía permitía la obtención de sustancias con pureza igual o superior que otras técnicas [3], ampliando de este modo su aceptación por parte de la comunidad científica. Afortunadamente para Kuhn y Karrer, el tiempo fue benevolente y les permitió ser galardonados con un premio Nobel antes de que nuevamente la guerra frene el progreso de la técnica... parcialmente.

En 1941, en el Reino Unido, los investigadores Archer John Porter Martin and Richard Laurence Millington Synge publicaron el artículo que revolucionaría la cromatografía, y con ello la Química Analítica. “Una nueva forma de cromatograma empleando dos fases líquidas” es el primer trabajo en proponer una teoría que explica lo que sucede en una separación cromatográfica y propone nuevas áreas de aplicación, así como factores que

pueden controlarse para lograr mejores resultados. Adicionalmente, postula que la fase móvil también puede ser un gas, no solamente un líquido como se venía empleando hasta ese momento, lo cual, en retrospectiva, indica la visión de estos investigadores, puesto que los primeros instrumentos comerciales en emplearse a gran escala serían justamente los cromatógrafos de gases. Volviendo al artículo de Martin y Synge, parte de su éxito es exponer su teoría en los términos empleados para otro proceso de separación y proponer medidas muy claras para que su experimento pueda replicarse [4], lo cual sucedió, y fue el empujón que necesitaba la cromatografía para meterse en más laboratorios. Fue tal el impacto de este artículo que apenas 11 años después les fue otorgado el premio Nobel a ambos investigadores.

Con la validación innegable que otorga un premio Nobel, y en el auge científico-tecnológico de la post-guerra, Martin y Synge continuaron aportando al desarrollo de la cromatografía, primero juntos y años después con sus grupos de investigación por separado. A medida que más gente se interesaba en el campo, se daban avances sustanciales en menor tiempo; en la década de los 50, se tenía ya afianzada la cromatografía de papel, y se tenían varias innovaciones en lo que hoy se conoce como capa fina, la cual hacia 1960 reemplazaría a la primera. Así mismo, los primeros instrumentos de cromatografía de gases veían la luz de la mano de Erika Cremer y Fritz Prior, e inmediatamente varias compañías empezaban a fabricarlos para su uso en laboratorios [5]. En esa misma década, se empezaba a investigar con fases estacionarias de la más diversa índole, llegando

a establecerse la cromatografía de afinidad de la mano de Pedro Cuatrecasas a quien le fue otorgado un premio Wolf en Medicina por su trabajo en esta área [6], la cual, dicho sea de paso, sigue vigente en la actualidad debido a su capacidad para ser específica en el tipo de moléculas que separa.

En 1965, Csaba Horváth desarrolló el primer cromatógrafo líquido de alta presión (HPLC, por sus siglas en inglés), un instrumento que permitía analizar muchas de las moléculas que los cromatógrafos de gases no podían. Hacia esa misma época, instrumentos similares para analizar aminoácidos y sustancias iónicas se ponían a disposición de los investigadores, al tiempo que Jim Waters anunciaba la cromatografía de permeación en gel y con ello, la posibilidad de separar macromoléculas como carbohidratos y proteínas [5].

Me imagino que en esos tiempos habrán existido investigadores que, como yo en la actualidad, se maravillaban ante todas las posibilidades que existían, y que les costaba imaginarse, e incluso cuestionaban si había algo realmente nuevo por desarrollar, que veían a sus técnicas e instrumentos como objetos que podían perfeccionarse pero sin cambiar su esencia. Poco sabían entonces que la siguiente revolución tecnológica estaba a la vuelta de la esquina.

### **La clave: electrónica y computadoras**

Hacia finales de los años 70, el desarrollo de los microprocesadores y la electrónica en general era evidente. Pocos años después, compañías como IBM lanzarían al mercado las primeras computadoras personales, con sistemas operativos

que hoy nos parecen primitivos pero que marcaron un cambio en nuestro modo de vida. Este desarrollo no pasó desapercibido para los fabricantes de instrumentos de análisis como los cromatógrafos, que vieron la posibilidad de facilitar la adquisición de datos, labor de otra manera tediosa y que consumía una gran cantidad de tiempo. En 1990, Perkin Elmer ofertaba equipos con un autoinyector [7], lo cual eliminaba la necesidad de que el analista introdujera la muestra, al tiempo que se mejoraba la reproducibilidad, es decir, la capacidad de obtener resultados iguales de una misma muestra. El control electrónico de un instrumento también posibilitó mejoras en otros sentidos como, por ejemplo, el desarrollo de las columnas cromatográficas, ilustrado en la figura 1.

En la misma década de 1960, cuando el desarrollo de instrumentos

para cromatografía estaba en auge, se exploraba con la posibilidad de acoplar el poder de separación de la técnica a las capacidades de identificación de la espectrometría de masas. Un espectrómetro de masas (MS) fracciona a una molécula en pedazos que son característicos a su estructura, con lo que se obtiene una especie de rompecabezas que nos permite descifrar cómo es un compuesto en tres dimensiones; conociendo esto se puede prever varias propiedades y comportamientos de ese compuesto, pero para que se pueda hacer este análisis, es imprescindible contar con un compuesto puro, he ahí la ventaja de juntar un cromatógrafo con un MS. Esto fue posible con el desarrollo de la electrónica, la cual facilitó la comunicación entre los módulos de cromatografía y MS, así como el control general del equipo y la adquisición de datos; hacia 1980, este tipo de instrumentos se volvía



Figura 1. Evolución de las columnas para cromatografía de gases. De izquierda a derecha: columna empacada de vidrio (fabricada en la PUCE), columna empacada Megabore (comercial, cuerpo metálico), columna capilar (comercial, de uso actual).

comercial y accesible a más laboratorios. El avance la microelectrónica y su presencia ubicua, dieron como resultado instrumentos cada vez más fáciles de controlar y con mayor capacidad de almacenamiento. Ahora se pueden guardar los “rompecabezas” que salen del cromatógrafo en intervalos de fracciones de segundo.

En la actualidad, el acople de cromatógrafos de gases o líquidos con distintos tipos de espectrómetros de masas ha permitido confirmar las estructuras de un sinnúmero de compuestos y ha ayudado a esclarecer otros cuantos. Es además una herramienta fundamental en el bio-descubrimiento, en áreas como la proteómica, el estudio de productos naturales, las ciencias forenses y ambientales, ya que nos permite asegurarnos de la identidad de una molécula. Imaginemos que el trabajo de un analista es buscar a una persona, si le damos la descripción es posible que varias personas (además de la que buscamos) la cumplan, pero si le damos la foto, es menos probable que exista confusión. Cuando analizamos algo con cromatografía acoplada a espectrometría de masas, es como si viéramos “fotos” en lugar de descripciones.

## Tendencias

La Conferencia Pittsburgh de Química Analítica y Espectroscopía Aplicada (PITTCON) se ha constituido en la vitrina de los avances en cromatografía desde aproximadamente los tiempos en los que se fundó nuestra universidad. En ella se han anunciado innovaciones de todo tipo, siendo la más reciente (2012) la comercialización de la cromatografía de convergencia, una técnica que promete más versatilidad a una técnica ya versátil. El planteamiento es emplear



Figura 2. Asistentes al Primer Congreso Ecuatoriano de Cromatografía. Cortesía de Mtr. Pablo Pozo.

como fase móvil una mezcla de solvente orgánico y fluido supercrítico (un estado intermedio entre gas y líquido, en el que el fluido es ligero y se difunde con facilidad), lo cual implica más facilidad para separar compuestos similares como estereoisómeros [8], proceso que hoy en día solo se logra con mucha paciencia e insumos sumamente costosos.

Para finalizar, quisiera mencionar la importancia de la cromatografía en nuestro medio, la cual se evidencia en el gran interés que generó la realización del Primer Congreso Ecuatoriano de Cromatografía en la PUCP en noviembre de 2016. Con más de 100 asistentes y ponencias de alto nivel, se mostró que en Ecuador la cromatografía tiene un campo de aplicación amplio, y que los profesionales en este campo estamos deseosos de mantenernos a la vanguardia en la información que generan nuestros colegas, así como en las innovaciones que traen los fabricantes. Este tipo de eventos servirán para documentar a futuro los avances de la cromatografía en el país y, algún día, escribir las crónicas de ello.

## Bibliografía

- [1] Wixom, R. & Gehrke, C. (2011) *Chromatography: A Science of Discovery*. EEUU: John Wiley and sons. pp. 36-44
- [2] Ettre, L. (2003) M.S. Tswett and the Invention of Chromatography. *LC-GC North America* 21(5) pp. 458-467.
- [3] Ettre, L. (2007) The Rebirth of Chromatography 75 years ago. *LC-GC North America* 25(7) pp 640-655.
- [4] Martin, A. & Synge, R. (1941) A new form of chromatogram using two liquid phases. *Biochem J.* 35(12) pp. 1358-1368.
- [5] Ettre, L. (2005) Jim Waters: The Development of GPC and the First HPLC Instruments. *LC-GC North America* 23(8) pp. 752-761.
- [6] Wolf Foundation (nd) Pedro Cuatrecasas – Winner of the Wolf Prize in Medicine 1987. Consultado el 16 de febrero de 2017, en: <http://www.wolffund.org.il/index.php?dir=site&page=winners&cs=491>
- [7] Ettre, L. (2005) *Evolution of Gas Chromatographic Instrumentation at Perkin Elmer*. Consultado el 17 de febrero de 2017, en: [https://www.perkinelmer.com.cn/CMSResources/Images/46-74443BRO\\_Gas-ChromaEvolution.pdf](https://www.perkinelmer.com.cn/CMSResources/Images/46-74443BRO_Gas-ChromaEvolution.pdf)
- [8] Waters (2017) *Beginner's guide to convergence chromatography*. Consultado el 16 de febrero de 2017 en: [http://www.waters.com/waters/en\\_US/CC---Convergence-Chromatography-Beginner's-Guide/](http://www.waters.com/waters/en_US/CC---Convergence-Chromatography-Beginner's-Guide/) nav.htm? cid=134808726&locale=en\_US

# Mujeres en la Ciencia

■ Por Dra. Verónica Crespo-Pérez  
Laboratorio de Entomología  
mvcrespo@puce.edu.ec

## Por los caminos de antaño

**D**esde pequeños, la sociedad impone roles que se van fijando en la mente de las personas y que marcan, más tarde, sus decisiones de vida. Es muy raro que en navidad una niña reciba juegos de construcción, herramientas o carros; muñecas, cocinitas o juegos de té, casi siempre de color rosado, han sido tradicionalmente los juguetes “apropiados” para las niñas. Diferencias en el trato a niños y niñas envían mensajes poderosos sobre su valor, sus fortalezas y lo que se espera de ellos; es más común elogiar a una niña por ser bonita y dulce, y a un niño por ser inteligente y fuerte. La mayoría de películas y programas para niños muestran a las niñas y mujeres como hermosas princesitas delicadas y tiernas, y a los niños y hombres como héroes inteligentes y valientes. Poco a poco se va sembrando la idea de que a las mujeres se les juzga más por su apariencia y a los hombres más por su inteligencia. Esas y muchas más actitudes y acciones explican por qué vivimos en un mundo donde la mayoría de líderes son hombres y las mujeres normalmente ocupan posiciones menos importantes e influyentes.

La ciencia no es la excepción. Desde sus inicios, la mayoría de científicos han sido hombres, y a pesar de que algunas mujeres con-

**Diferencias en el trato a niños y niñas envían mensajes poderosos sobre su valor, sus fortalezas y lo que se espera de ellos; es más común elogiar a una niña por ser bonita y dulce, y a un niño por ser inteligente y fuerte.**

tribuyeron a la ciencia desde su origen, ellas normalmente no han sido reconocidas. De hecho, si hoy hacemos una búsqueda en Google de los científicos más famosos del mundo obtenemos una lista larga de nombres como Albert Einstein, Stephen Hawking y Isaac Newton; nombres que seguramente son familiares para la mayoría de las personas. Son muy pocas las mujeres que aparecen y algunas de ellas son probablemente desconocidas para la mayoría. La más famosa es quizá Marie Curie, cuyo descubrimiento de la radiación y su aplicación en el campo de los Rayos X, le valió el Premio Nobel en dos disciplinas: Física y Química. Quizá algunos han oído también hablar de Rosalind Franklin, quien, por medio

de cristalografía de Rayos X, logró obtener la primera imagen de una molécula de ADN. Sin embargo, a pesar de sus importantes aportes, estas mujeres no recibieron el reconocimiento que merecían. Marie Curie nunca fue admitida en la Academia Francesa de las Ciencias, simplemente por ser mujer, y Rosalind Franklin fue excluida del Nobel por el descubrimiento del ADN, el cual fue otorgado a sus colegas James Watson y Francis Crick. Casos como estos hay muchos; Esther Lederberg fue una microbióloga estadounidense que contribuyó significativamente al campo de la genética, pero que fue excluida del Nobel otorgado solo a su marido, Joshua Lederberg, cuyo trabajo se benefició muchísimo de los aportes de Esther. No sorprende mucho, entonces, que la imagen que muchos tienen al imaginar a un científico es casi siempre el de un hombre y que dar nombres de científicas cueste más trabajo que de científicos.

## Por los caminos del presente

Hoy en día las mujeres siguen teniendo una menor representación en la ciencia y la tecnología. De hecho, según estadísticas de la UNESCO, menos del 30 % de los investigadores del mundo son mujeres. En América Latina y el Caribe, la situación es mejor que la de algunas regiones, con un promedio de 45 % de mujeres científicas (Fig. 1). Sin embargo, los porcen-

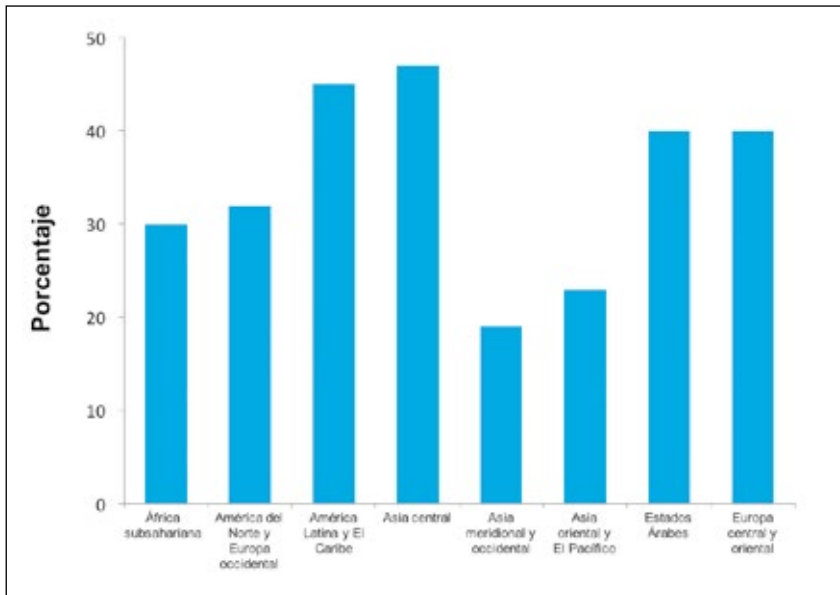


Fig. 1. Porcentaje de mujeres científicas en las distintas regiones del mundo. Datos tomados de UNESCO (2016).

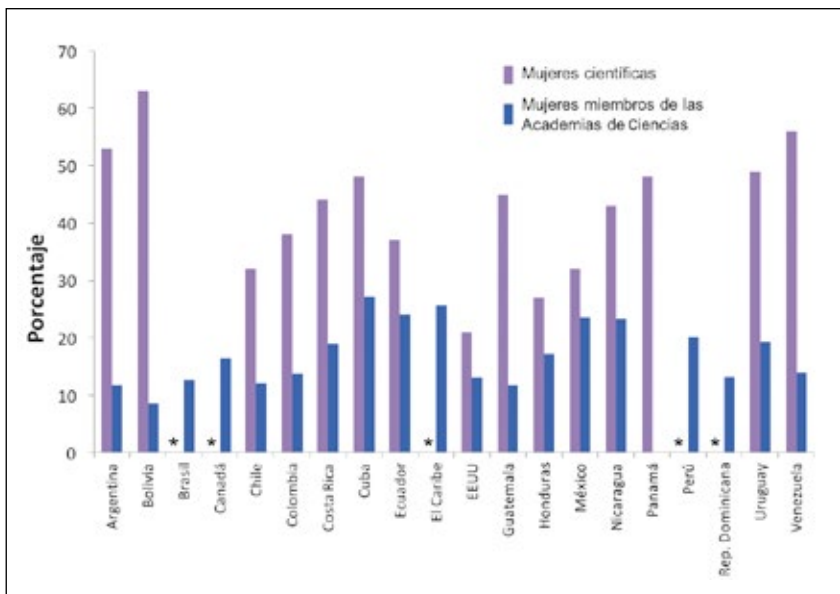


Fig. 2. Porcentaje de mujeres científicas y de mujeres miembros de las Academias de Ciencias de varios países de América. Se incluyen solo datos de países cuya academia de ciencias es parte de la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS). No se incluyen los datos de Panamá sobre el porcentaje de mujeres en la academia pues esta no cuenta con un sistema de selección de sus miembros. Los asteriscos representan casos para los que no se tienen datos. Datos tomados de Henry (2015) y de UNESCO (2016).

tajes de membresías de mujeres en las Academias de Ciencias de la región —menor al 30 % en todos los países— sugiere que las carreras de las mujeres se mantienen a un nivel más bajo que las de los hombres (Fig. 2). De hecho, a pesar de que

en la actualidad más y más mujeres eligen ser científicas, es común que sus carreras se interrumpan, y es raro que ocupen roles de liderazgo y toma de decisiones. Algunos explican este hecho aduciendo a las mujeres menor capacidad que los

hombres, especialmente en matemáticas y física. Este es un estereotipo bastante generalizado y es, tal vez, la razón más fuerte que evita que las mujeres opten por ingeniería, física o matemáticas al momento de elegir una carrera. A pesar de que históricamente en pruebas estandarizadas los hombres han obtenido mejores calificaciones que las mujeres en matemáticas, esta brecha se ha reducido dramáticamente a lo largo de los últimos 30 años y parece tener causales socioculturales más que biológicas. Resultados de un estudio reciente publicado en 2015 en la revista *Intelligence* son evidencia adicional en contra de ese estereotipo. Dicho estudio utilizó datos de evaluaciones internacionales de desempeño académico de 1,5 millones de adolescentes de 15 años (Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes, PISA en inglés), para medir diferencias en el desempeño entre los dos sexos. Los resultados revelaron un mejor desempeño de las mujeres en el 70% de los países participantes; este resultado se mantuvo incluso en países con brechas considerables de igualdad de género, refutando también la idea de una relación negativa entre el nivel de machismo en los países y el desempeño académico de las mujeres. Estos hallazgos plantean interrogantes más amplias acerca de la baja representatividad de las mujeres en posiciones de liderazgo en la academia. Es primordial responder estas incógnitas si queremos incrementar el número de mujeres involucradas en los más altos niveles de la ciencia alrededor del mundo.

### ¿Qué pasa en Ecuador?

En Ecuador la historia es parecida. Pensar en científicas ecuatorianas

rianas a lo largo de la historia es difícil. Un nombre que resuena últimamente es el de Matilde Hidalgo de Prócel –en cuyo honor se otorgan los Premios a la Educación Superior Ciencia y Tecnología de la SENESCYT–. Matilde Hidalgo fue la primera mujer ecuatoriana en obtener un doctorado en Medicina y en votar en una elección democrática en América del Sur, pero casi no se conoce sobre su contribución y la de otras mujeres de su época al desarrollo de las ciencias. Hoy en día, a pesar de que el país cuenta con muchas mujeres que aportan de manera significativa al avance del conocimiento científico, sigue habiendo menos mujeres científicas (37 %, Fig. 2) que hombres científicos y un menor porcentaje de mujeres miembros de la Academia de Ciencias del Ecuador (24 %, Fig. 2). Además, las carreras de las mujeres científicas parecen permanecer a un nivel más bajo que las de los hombres. Esto se ve claramente en clasificaciones de científicos ecuatorianos de acuerdo a su producción científica y al impacto de sus trabajos. Por ejemplo, en la página Ranking Web of Universities (<http://www.webometrics.info>), que clasifica a los científicos afiliados a instituciones ecuatorianas de acuerdo al impacto de sus publicaciones según sus perfiles de Google Académico, hay solo cinco mujeres entre los 50 mejores científicos. Cabe acotar que en esa lista solo se toma en cuenta a los investigadores que tienen un perfil de Google Académico y que pueden haber varias mujeres muy productivas que no estén en la lista, pero seguramente la tendencia no cambiaría mucho al incluir a todos los científicos ecuatorianos en la clasificación.

**El bajo porcentaje de mujeres en ciencia y tecnología significa que un número sustancial de personas inteligentes y talentosas están eligiendo otros campos de trabajo y que estamos perdiendo personas que podrían contribuir significativamente al avance de la ciencia y la tecnología.**

El bajo porcentaje de mujeres en ciencia y tecnología significa que un número sustancial de personas inteligentes y talentosas están eligiendo otros campos de trabajo y que estamos perdiendo personas que podrían contribuir significativamente al avance de la ciencia y la tecnología. Estudios realizados en países industrializados han encontrado que aparte de los estereotipos sobre las capacidades diferentes de niños y niñas en matemáticas, otros factores influyen en la baja proporción de mujeres en ciencia y tecnología. Por ejemplo, un estudio en MIT (Massachusetts Institute of Technology) publicado en el año de 1999, encontró que las profesoras recibían salarios más bajos y menos premios y reconocimiento que profesores con los mismos logros; además, tendían a tener menos espacio

de trabajo y acceso a recursos. Este y otros estudios han encontrado también que la dificultad de conciliar la vida profesional con la familiar impacta más las carreras de las mujeres que las de los hombres. Adicionalmente, sesgos y discriminación, muchas veces inconscientes, parecen seguir existiendo al momento de evaluar a hombres y mujeres. Un estudio publicado en 2012 en PNAS reveló una tendencia de profesores universitarios a evaluar mejor candidaturas de estudiantes hombres que candidaturas (idénticas) de estudiantes mujeres. Otra desventaja que aparentemente perjudica a las mujeres es una menor oportunidad para participar en revisiones por pares. Evidencia reciente de un estudio publicado en Nature mostró que las mujeres son invitadas menos que los hombres a revisar artículos enviados a las revistas de la Unión Geofísica Americana (AGU), de lo que se esperaría en base a la proporción de mujeres miembros de la asociación y autoras de artículos de la AGU. Estos factores podrían explicar los niveles altos de deserción de mujeres de la ciencia o su avance más pausado; pero seguramente las situaciones varían entre países y regiones, y determinar las causas exactas requiere estudios amplios y profundos.

Existe muy poca información sobre este tema para América Latina y casi nada para Ecuador. Un primer paso para identificar los factores que causan una reducción en el número de mujeres que permanecen en la ciencia y llegan a niveles altos en nuestro país podría ser el aprender sobre las experiencias y puntos de vista de mujeres que sí han logrado mantener una carrera exitosa como científicas. Para esto, realicé entrevistas a tres

científicas consagradas de Ecuador: Eugenia María Del Pino, Paola Leone y Jenny Ruales, quienes han generado importantes aportes en sus campos de investigación. A las tres les pregunté sobre obstáculos relacionados a ser mujeres que han tenido que enfrentar a lo largo de sus carreras y posibles causas de un menor número de mujeres en la ciencia. A continuación, se realiza una pequeña reseña sobre cada una y sus respuestas durante la entrevista.

### Eugenia María Del Pino



Fig. 3. Eugenia María del Pino.

La Dra. Eugenia María del Pino (Fig. 3) es bióloga, especializada en Biología del desarrollo. Obtuvo una licenciatura en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), una maestría en Ciencias en el Vassar College y un Ph.D. de la Universidad de Emory, en Estados Unidos. Es conocida nacional e internacionalmente por sus estudios sobre la biología del desarrollo de la rana marsupial y por ser la primera ecuatoriana en ser nombrada miembro asociado extranjero de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos. Sobre obstáculos relacionados a ser mujer científica opina:

“No he sentido ningún obstáculo en ese sentido. En mi familia

había siempre un interés académico. En mi vida tengo dos hermanos mayores y ellos jugaron un papel importante desde mi infancia. Entonces siempre pensé que el aspecto académico de desarrollo intelectual era importante para mí” Luego añade, “Me eduqué en un colegio de monjitas, se llama unidad Educativa La Providencia detrás del Palacio de Gobierno. Allí había una formación integral para la mujer, con mucha disciplina, y el primer contacto con estudiantes del otro sexo fue en la Universidad Católica, cuando empecé a estudiar aquí. Nunca me sentí como estudiante discriminada por mis compañeros. Por el contrario, había una relación de cordialidad. Cuántas veces me preguntaban diferentes personas sobre cómo hacer un determinado deber e igualmente yo preguntaba a otros.” Más tarde, sobre sus estudios de maestría y doctorado en Estados Unidos menciona, “nunca tuve problemas, ni con compañeros ni con profesores.”

Finalmente, la Dra. Del Pino puntualizó que el ser mujeres puede, en ciertos casos, incluso ser beneficioso: “Nadie espera, o nadie esperaba, que una mujer en el Ecuador esté estudiando el desarrollo embrionario de una rana, tratando de encontrar paralelismos con los estudios de la biología del desarrollo que se realizaba en otras partes. De esa manera he tenido mucha aceptación, también porque el trabajo era original y había que dedicarse bastante para que tenga los estándares que se requieren. El punto que las mujeres tenemos que pensar es que justamente ser minoría es una ventaja. Hay que virarle a la moneda y hacer que eso sea ventaja”.

### Jenny Ruales



Fig. 4. Jenny Ruales.

La Dra. Jenny Ruales (Fig. 4) es Ingeniera Química de la Escuela Politécnica Nacional (EPN). Obtuvo una maestría en Ingeniería de Alimentos y un Ph.D. en Química de Alimentos de la Universidad de Lund, en Suecia. Actualmente es Profesora Principal del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología de la Escuela Politécnica Nacional, donde trabaja en el desarrollo y caracterización de alimentos funcionales, incluyendo alimentos tradicionales. Al preguntarle sobre dificultades relacionadas a ser mujer científica, respondió:

“Que yo me acuerde y que tenga conciencia de que haya sufrido alguna discriminación por ser mujer, no creo, en absoluto. Vengo de una familia en la que se ha incentivado la educación, el conocimiento, muy liberales. No he sentido jamás alguna discriminación por ser mujer.”

La Dra. Ruales enfatizó la importancia de dar oportunidades iguales sin importar el género y agregó que, “si las mujeres somos la mitad de la población y más cabezas pueden ayudar a pensar mejor y solucionar los problemas, ¿por qué no incentivar también que las chicas que quieren hacerlo se superen, que entren en la ciencia? Las mujeres tenemos capacidad de pensar, de discernir, de tener un enfoque quizá un poquito diferente del que tienen los varones.”



Luego agregó: “En los cursos existe un alto porcentaje de chicas que tienen mejores calificaciones que los muchachos pero ¿por qué no llegan más alto? Creo que el asunto es más social, cuando ya tienen familia. El tiempo de dedicación a la ciencia y la tecnología es restringido y hace que no lleguen al nivel de los varones. No creo que sea una limitación de capacidades; es disponibilidad de tiempo, de dedicación para desarrollarse.”

## Paola Leone

Por P. Leone.



Fig. 5. Paola Leone.

La Dra. Paola Leone (Fig. 5) es bióloga, especializada en genética humana. Obtuvo su licenciatura en la PUCE y su doctorado en la Universidad Autónoma de Madrid. Actualmente, es docente e investigadora de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), presidente de la Academia de Ciencias del Ecuador y de la Sociedad Ecuatoriana de Genética Humana. Al igual que las dos otras científicas la Dra. Leone no ha sentido discriminación por su género:

“En ese punto debo decirte muy personalmente que no he tenido ningún problema. En mi casa tanto mi padre como mi madre son profesionales; actualmente mi padre está acabando un doctorado y mi madre está acabando una segunda maes-

tría. Entonces ellos todavía siguen trabajando, siguen estudiando. Tal vez tuve un ejemplo de que éramos iguales. En mi casa a hombres y mujeres, porque tengo dos hermanas y dos hermanos, nos educaron por igual. Todos nos ocupamos de las actividades de la casa, todos estudiamos. No hubo diferencia.”

La Dra. Leone también opinó sobre las posibles causas de menos científicas de alto nivel: “Creo que la raíz de esto es la educación. Creo que hay un fallo desde la educación primaria, en el que realmente las mujeres no se visualizan como meta, estar en la ciencia. Probablemente se visualizan en otros papeles.” Luego añade: “Probablemente muchas personas no llegan a puestos directivos porque tal vez les falta apoyo.”

Afortunadamente, las circunstancias, según la Dra. Leone, parecen estar mejorando: “Poco a poco ha habido un desarrollo según las necesidades que muestra la mujer para poder ocuparse de su vida personal y profesional. Ha habido un desarrollo de situaciones como guarderías y mejores permisos en cuanto a maternidad. También debo decir que los roles están cambiando; el hombre se está involucrando más en cuestiones de la familia y en cuestiones del hogar. Con el tiempo poco a poco nos estamos enfrentando a que si la mujer tiene un interés va a querer alcanzarlo y probablemente tiene apoyo, su entorno le entiende, le acompaña.”

## A manera de conclusión

Las opiniones de las científicas entrevistadas, más la información obtenida en otros países, sugieren que el apoyo familiar y la educación podrían ser factores determinantes para el éxito de mujeres científicas. Además, es evidente que una repartición más equitativa de las tareas del

hogar y apoyo institucional a mujeres con niños podrían ayudar también a reducir la brecha entre hombres y mujeres en los niveles más altos de la ciencia. Finalmente, es de vital importancia entender más a fondo este problema, por medio de estudios científicos puntuales, porque las causales podrían variar entre instituciones o incluso entre distintas disciplinas de la ciencia. Es hora de que nos tomemos en serio este problema, para que hombres y mujeres puedan explotar a fondo su pasión por la ciencia y el conocimiento.

## Bibliografía

- Henry, F. (2015). *Survey of Women in the Academies of the Americas. IANAS Women for Science Program*. Recuperado de [http://www.ianas.org/books/books\\_2015/women/survey-of-women.pdf](http://www.ianas.org/books/books_2015/women/survey-of-women.pdf).
- Lerback, J., & Hanson, B. (2017). Journals invite too few women to referee. *Nature*, 541, 455-457.
- Members of the First and Second Committees on Women Faculty in the School of Science (1999). *A Study on the Status of Women Faculty in Science at MIT*. The MIT Faculty Newsletter, 11(4).
- Moss-Racusin, C.A., Dovidio, J.F., Brescoll, V.L., Graham M.J., & Handelsman, J. (2012). Science faculty's subtle gender biases favor male students. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 16474-16479.
- Stoet, G., & Geary, D.C. (2015). Sex differences in academic achievement are not related to political, economic, or social equality. *Intelligence* 48, 137-151.
- UNESCO Institute for Statistics. (2016). *Women in Science*. Recuperado de <http://uis.unesco.org/apps/visualisations/women-in-science/>.

## Seres milenarios y misteriosos del Yasuní.

■ Por Rubén D. Jarrín E. Comciencia



¿A dónde se fue ese gatito hecho el tigre?



La muy sabida quiere atrapar me desprevenido; pero yo estoy atento a sus movimientos.

# Tjitte de Vries: un maestro, un amigo, un científico inolvidable

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

Cierta tarde me pregunto inquieto: ¿qué estará pasando con Tjitte que todavía no me ha entregado su artículo para *Nuestra Ciencia* n.º 19? Llamo a su oficina, no contesta. Llamo a la Secretaría de la Escuela y me dicen que el Dr. De Vries está tramitando su jubilación. Un problema de su cadera que necesita operación ha motivado su decisión de jubilarse. Cierro el auricular, y se agolpan en mi mente una cascada interminable de recuerdos. Casi en un susurro, repito: otro amigo más que ha terminado su misión, otro amigo más que cierra un capítulo de su gran historia de vida en la PUCE.

Conocí a Tjitte de Vries hace ya unos 25 años. El departamento de Letras de la Facultad de Ciencias de la Educación de la PUCE me había asignado como profesor de Redacción en la Escuela de Biología. Era un jueves, muy por la mañana. Llegaba a esta Escuela para ponerme a las órdenes de la Dra. Laura Arcos Terán, a la sazón, decana de la facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Como no sabía dónde era su oficina pregunté al primer personaje que apareció en escena. Era nada menos ni nada más que Tjitte de Vries. Con cierto temor, le pregunté: ¿dónde está la oficina de la Dra. Arcos? Me contestó muy amablemente: Laura tiene su oficina en todas partes, pero creo que ahora está en el cuarto

pisito, y añadió: ¿para qué la necesita? Yo, mirando sus pequeños ojos azules que se resguardaban detrás de unos espejuelos de carey, dije: pues vengo a presentarme. Soy el nuevo profesor de Redacción para este semestre.

¡Ah, ya, ya, ya!, dijo él, y esbozando una sonrisa añadió: espero que mis alumnos sepan escribir herbívoro con B. Por supuesto, dije yo: deben saber que herbo viene del latín herba que significa hierba, y por eso la primera b es la b grande; la segunda, es la pequeña porque viene también del latín voro que significa devorar, comer. Por tanto, sus alumnos deberán escribir herbívoro con b larga y v corta. Ya, ya, ya. Nos vamos a entender muy bien, colega, dijo él, estrechando mi mano. Se despidió con hasta luego, colega, y rápidamente se dirigió a su centro de operaciones: su oficina 203.

Con el tiempo nos iríamos conociendo y poco a poco habríamos de ir fortificando una sincera amistad. Jamás olvidaré que Tjitte fue el que propuso mi nombre para ser el editor de la Revista *Nuestra Ciencia*, cuyo primer número salió a luz el 15 de julio 1999. Que el primer artículo que apareció en *Nuestra Ciencia* n.º 1 fue el suyo al que intituló “El Gavilán de Galápagos en épocas de amores”; que Tjitte es uno de los poquísimos colegas que ha escrito año tras año, desde 1999 hasta hoy 2017, para la revista de divulgación científica *Nuestra Ciencia*.

Desde esa lejana tarde, hasta hoy día, el calendario ha ido pasando sin detenerse. Los vientos de verano y las lluvias de invierno no han logrado que los recuerdos sobre Tjitte, que guardo en uno de los tantos baúles de mi corazón, se hayan borrado. Más bien, ahora que escribo estas líneas sobre el maestro, el amigo, el científico adquieren más presencia y pertinencia. Pero para escribir sobre él necesito no únicamente recordar, sino escuchar su voz, mirar su rostro, observar sus gestos; por esto, me pongo en contacto con él para visitarlo en su hogar.

Llego a su casa, ubicada en Los Cipreses N16-19 y los Helechos. Me recibe Cecilia, su esposa. Me hace entrar a la sala, y aparece el amigo entrañable: Tjitte. Un estrechón de manos efusivo y cariñoso nos conecta como hace 25 años atrás.

—Tú dirás, Albertico, me dice. Y empezamos una conversación amena que nos permite ir hilvanando recuerdos de su vida, de nuestra vida.

## Sus estudios

Fue a la escuela primaria en su pueblo natal Niawier. La secundaria la cursó en la ciudad de Dokkum, donde cada día debía ir en bicicleta una distancia de 7 km. En 1956, fue a la Vrije Universiteit en Amsterdam, y en 1965 obtuvo su maestría en Ciencias Biológicas; posteriormente, en 1973, su doctorado en Ciencias.



Tjitte en su pueblo natal Niawier cuando tenía 8 y 12 años



### Su presencia en la PUCE y en la Escuela de Ciencias Biológicas

En 1976, se incorporó a la PUCE. Su sitio de trabajo fue la Escuela de Ciencias Biológicas, que en ese tiempo se llamaba Departamento de Biología. A la Dra. Laura Arcos Terán se debe la incorporación de este científico que tomó a su cargo las cátedras de Ecología, Anatomía comparada de los vertebrados, Zoogeografía, Evolución, Técnicas de Biología de Campo. Tjitte de Vries siempre se sintió parte vital de la PUCE, por esto, acudía a cualquier evento que se programara. De ahí que asistía a los eventos organizados por la ATPUCE o la APPUCE; su presencia animaba las diferentes actividades de la Escuela de Ciencias Biológicas. Su voz se escuchaba sonora en las Cantatas al Niño Jesús y, algunas veces, se lo vio disfrutando de un sabroso hornado con los estudiantes en los famosos bautizos de los novatos.

### Su contribución en estos 41 años (1976-2017) de trabajo en la PUCE

Muy significativa ha sido su contribución. Fue, por ejemplo, uno de los pioneros en haber colaborado para formar estudiantes de “Biología Pura”; puesto que en 1976 Biología formaba parte de la Facultad de Ciencias de la Educación. Ha sido uno de los profesores que más tesis ha dirigido (120) con temas muy diversos: aves, mamíferos, herpetología, ictiofauna, arañas sociales, invertebrados, biología marina, limnología, botánica. Ha sido también un gran motivador para que sus alumnos continúen estudiando e investigando hasta convertirse en grandes científicos que superen al maestro. Y vaya que muchos lo han

El autor de este artículo y Tjitte brindando por el trabajo, la amistad y la vida.

conseguido; pues han continuado sus estudios para obtener su maestrado y P. HD en prestigiosas universidades del mundo entero. Solo por poner unos tres ejemplos, se pueden mencionar con el tema en arañas sociales a Leticia Avilés quien se graduó en Harvard y actualmente es profesora en la Universidad de British Columbia en Vancouver, Canadá; con el tema de iguanas terrestres de Galápagos a Arturo Izurieta, quien es el actual Director Ejecutivo de la Estación Charles Darwin. O un caso más cercano, el de Paolo Piedrahita que estudió las aves de bandadas mixtas del dosel en Yasuní, y que obtuvo su doctorado en Alemania, y es actualmente profesor de la ESPOL en Guayaquil.

### Su percepción de las nuevas generaciones de biólogos

Tjitte con cierta nostalgia cree que los estudiantes actuales entran en la Universidad con pocas ideas o expectativas sobre lo que es la biología; se siente que no están apasionados por observar, curiosear, indagar el qué y el cómo de la vida. Él a sus 12 años ya tenía un estanque con



renacuajos y sentía la curiosidad de saber cómo las palomas mensajeras encontraban el camino de regreso al palomero de la casa; por esto, él en su bicicleta intentaba ganarles a las palomas en su vuelo de regreso. Tiempo después, él entendió que nunca les ganaría porque ellas se orientaban con ayuda del magnetismo, sol y estrellas. Y el que vuela, vuela, y el que corre, corre, aunque sea en bicicleta.



Su esposa y sus hijas

### Su amor al Ecuador y a su familia

Ama entrañablemente al Ecuador, a la PUCE, a nuestra Escuela. Ama a este Quito lindo, rodeado de montañas, que tiene un inmenso cielo azul y que es capaz de “llorar” fuerte y de improviso. Y vaya que lo ama, que se pudiera decir que conoce más Quito que su pueblito natal, Niawier, ubicado en el extremo norte de Holanda en la provincia de Frieslandia. Su esposa, Cecilia Hernández, a quien conoció cuando ella realizaba su tesis de licenciatura en las islas Galápagos, se convirtió en el amor de su vida y su compañera de toda una vida de trabajo, de investigación, de solidaridad. Con ella procreó tres hermosas hijas: Esther Aukje, Martje Irene y Therese Isabel. Estas guapísimas chiquillas se convirtieron en mamás, y le han dado seis nietos a los que engríe y ama. No hay duda de que la base de todo lo que ha hecho Tjitte es su maravillosa familia a la que ama con todas las fuerzas de su ser.

### Su gran mensaje

“Todos los docentes deben continuar con sus proyectos de investigación; su docencia debe ser de

alta calidad. No se debe olvidar que Ecología y Técnicas de Biología de Campo son materias que tienen que ver con la Ciencia de la Casa, del Ambiente; por esto, se debe priorizar, más que Modelamiento y Fórmulas, el trabajo tenaz y responsable en el campo. Y en este trabajo debe primar la alegría, el respeto y la solidaridad. El trabajo en equipo es clave para optimizar los resultados y, en especial, para llenarnos de confianza en los demás. Lo que importa es el bien que podemos dar a los demás”.

Después de un cafecito caliente con unas galletitas que me brinda Cecilia, me despido de él. Afuera llueve, como debe de ser, pues abril es aguas mil. Me acompaña, y su paraguas impide que la lluvia me moje. Nos despedimos afectuosamente. Subo a mi auto, made in Ecuador, y mientras comienzo a manejar rumbo al barrio de toda mi vida, La Magdalena, acude a mí esa historieta escrita por Carlos G. Vallés, S. J, sobre la luna. Y pienso que lo que dice Vallés sobre la luna, se podría aplicar a Tjitte: “Hay que ser como la luna. La gente se queja cuando el sol luce, y se



Sus nietos

queja cuando no luce. Pero nadie se queja de la luna. La luna aparece en el cielo, más grande o más pequeña, más pronto o más tarde, pero siempre suave y delicada, y nadie se queja de ella. Cuando la luna se esconde y no aparece en toda la noche, nos hace desearla y esperarla con ilusión. Y cuando se muestra redonda y completa en toda su belleza, bailamos toda la noche y contamos cuentos y nos sentimos felices”.

Gracias, amigo inolvidable por habernos transmitido con hechos y no con palabras tu mensaje de ser como la luna que alumbra sin ostentación, pero con eficacia, suavidad y delicadeza, llenando nuestros corazones de alegría, esperanza y solidaridad. Disfruta, amigo, de tu jubilación ganada con trabajo, esfuerzo y dignidad. ¡Hasta siempre!

# Donar sangre para mejorar la salud del paciente

■ Por Máster Rosita Chiriboga  
Centro de Investigaciones en Enfermedades Infecciosas  
rfchiriboga@puce.edu.ec

La donación de sangre constituye un pilar fundamental para la obtención de componentes sanguíneos; puesto que de un solo donante se pueden obtener por lo menos cuatro hemocomponentes que serán utilizados en transfusiones sanguíneas con el objetivo único de mejorar la salud del paciente. Se ha estimado que para que un país obtenga la sangre que necesita, se requiere que del 1 % al 3 % de la población se convierta en donante voluntario (Organización Panamericana de la Salud, 2013).

Existen 4 tipos de donantes: los *voluntarios altruistas* no remunerados; los *donantes de reposición*; los *autólogos* (donan sangre para ellos mismos); los *donantes remunerados o comerciales*. Conforme a los estándares de donación internacionales, en cada país debería existir por cada mil habitantes 50 personas que donen sangre en forma voluntaria y repetitiva; en Ecuador, se ha estimado que existen 14 personas por cada mil habitantes; en porcentaje llegaría a 1,4 %, no al 2 % que se requiere para satisfacer la demanda de sangre en el país (Organización Mundial de la Salud, 2011), (PEED, 2016).

La Organización Panamericana de la Salud en las reuniones anuales propone metas de donación que deben alcanzar los países, todo orientado al crecimiento de la donación voluntaria. La evaluación de los datos proporcionados por cada país muestra que pocos países han alcanzado y superado las metas planteadas por la OPS (Organización Panamericana de la Salud, 2009-2012).

En Ecuador, los Bancos de Sangre reportan que existe un 46 % de donación voluntaria; sin embargo, la mayoría son donantes de primera vez, y aproximadamente el 70 % han acudido a donar en favor de un familiar o amigo; es decir, son “donantes compensatorios” que donan sangre solo en caso de necesidad, no como un acto de altruismo y frecuente.

**Existen 4 tipos de donantes: los voluntarios altruistas no remunerados; los donantes de reposición; los autólogos (donan sangre para ellos mismos); los donantes remunerados o comerciales.**

Las estadísticas publicadas en la Organización Panamericana de la Salud (OPS) mencionan que el 65 % de las donaciones de sangre se obtienen en países desarrollados; en cambio, en los países en vía de desarrollo la tasa de donación es inferior al 1 % de la población. Adicionalmente, los países que tiene donación voluntaria reportan una tasa menor al 25 %; a su vez, 41 países siguen reportando donaciones remuneradas totalizando más de un millón de

donaciones a nivel mundial (Organización Panamericana de la Salud, 2007-2009).

También se ha constatado que las transfusiones de sangre en países de ingresos altos son utilizadas como apoyo de diversos tratamientos médicos avanzados y en cirugías complejas, como las de corazón abierto, y en traumatologías; mientras que en países de ingresos medios y bajos suele utilizarse en complicaciones del parto, complicaciones de enfermedades como anemia o leucemia, después de tratamientos oncológicos o en paludismo infantil (Organización Panamericana de la Salud, 2013).

Dentro del análisis de los factores que determinan “no donar sangre” se comprobó que el 59,35 % de donantes ecuatorianos no lo hacen por temor al contagio de enfermedades; 46,89 % por tener hepatitis; el 42,11 % por bajo peso, y el 48,74 % por causas médicas; estos datos son comunes con otros estudios especialmente el de percepción de contagio con enfermedades, esto es una creencia muy arraigada en las poblaciones; así, en Chile se reporta un 75,7 % de desconfianza en la esterilidad del material, aspecto considerado también en el estudio realizado en Colombia (Vásquez, Ibarra, & Maldonado, 2007).

La Pontificia Universidad Católica del Ecuador siempre apoya cada campaña de donación; sin embargo, no existe una sensibilización previa por parte de la institución que recolecta estas donaciones; tal vez esta sea la pieza del eslabón faltante para promover una donación altruista y repetitiva, lo cual supone fomentar este acto de amor, de solidaridad y responsabilidad hacia los hermanos ecuatorianos.

*Libros que hablan*



🏠 Av. 12 de Octubre 1076 y Roca. Centro Cultural | ☎ 299 1711 / 299 1700 ext. 1122 / 1013 / 1711 | ✉ publicaciones@puce.edu.ec | 🌐 www.edipuce.edu.ec





*Zonotrichia capensis*. Gorrión doméstico cantando a todo pulmón.