



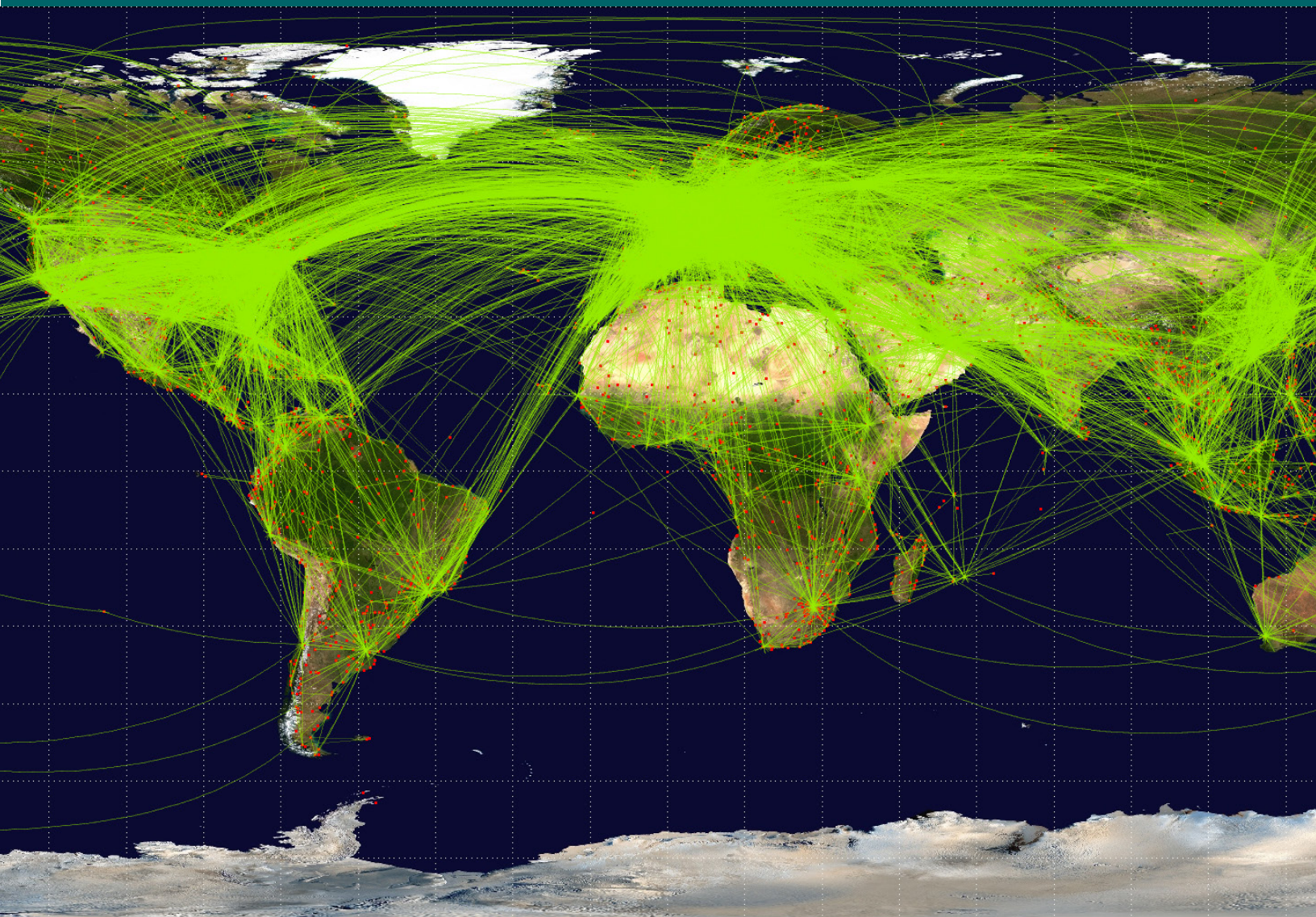
INSTITUTO
DE ECOLOGIA
UNAM

Oikos=

24

Mayo 2020

Globalización: ecología y pandemias



DIRECTORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Secretario General

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Secretario Administrativo

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa
Secretario de Desarrollo Institucional

Mtro. Javier de la Fuente Hernández
Secretario de Atención a la Comunidad Universitaria

Dra. Mónica González Contró
Abogada General

Dr. William Lee Alardín
Coordinador de la Investigación Científica

M. en C. Néstor Enrique Martínez Cristo
Director General de Comunicación Social

INSTITUTO DE ECOLOGÍA

Dr. Constantino Macías García
Director

Dr. Juan Enrique Fornoni Agnelli
Secretario Académico

Ing. Ulises Martínez Aja
Secretario Administrativo

Dr. Luis Enrique Eguiarte Fruns
Editor

Dra. Clementina Equihua Z.
Asistente editorial

Dr. Daniel Piñero Dalmau
Dr. Julio Campo Alves
Dr. Fernando Álvarez Noguera
Consejo editorial

L. D. G. Abril Luz María Ángeles Trujillo
y Samara Kuri
Diseño editorial y formación

OIKOS=, Año 3, No. 24 (mayo 2020) es una publicación cuatrimestral, editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Unidad de Divulgación y Difusión del Instituto de Ecología, Ciudad Universitaria, Circuito Exterior S/N, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, México, Tel. (55)5622-9002, correo electrónico: cequihua@ieciologia.unam.mx, <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/>. Editor responsable: Luis Enrique Eguiarte Fruns. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-111710202000-102, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Certificado de Licitud de Título y Contenido: en trámite, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Grupo Impreso, Domicilio Monrovia 1101 Bis, Portales, Ciudad de México, 03300.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista de los árbitros, del editor o de la UNAM. Se autoriza la reproducción de los artículos (no así de las imágenes) con la condición de citar la fuente y se respeten los derechos de autor.

Distribuido de forma gratuita por: Instituto de Ecología, Ciudad Universitaria, Circuito Exterior S/N, Delegación Coyoacán, C.P. 04510.

Diseño de portada: Abril Angeles con fotografía de *World airline routemap*.





INSTITUTO
DE ECOLOGIA
UNAM

Mayo 2020

CONTENIDO

DE LOS EDITORES

Los humanos somos como patatas irlandesas

Luis E. Eguiarte y Clementina Equihua Z..... 4

ARTÍCULOS

2019, a 250 años del nacimiento de Alexander von Humboldt

Rosa Jimena Rey Loaiza 7

La profunda revolución estadística y Mendeliana de 1918: Ronald A. Fisher

Daniel Piñero 9

Cavalli-Sforza: el humanista convertido en evolucionista o por qué el ser humano es un modelo para estudiar la evolución

Luis E. Eguiarte y Daniel Piñero 12

Los humanos y los otros

Constantino Macías García..... 15

Cocodrilos de Sumatra: entre la caza furtiva, la deforestación y la expansión de la palma de aceite

Kyle J. Shaney..... 17

Murciélagos y SARS-CoV-2: preguntas y respuestas

Rodrigo A. Medellín 22

El miedo no anda en burro, pero sí en coche. El perrito de las praderas y vehículos en su ambiente

Patricia Pérez-Belmont 24

Adaptar la vegetación urbana de la Ciudad de México a las necesidades actuales. Una reflexión

Mónica Ballinas..... 26

La abeja maya. *Melipona beecheii* Bennet

Melanie Celeste Cirigo Jiménez..... 30

De los editores

Los humanos somos patatas irlandesas

Luis E. Eguiarte y Clementina Equihua Z.

Durante la gran hambruna irlandesa, llamada en inglés *Irish potato famine*, la población de Irlanda disminuyó de entre 8.2 a 6.6 millones de personas entre 1845 y 1849. La principal causa de esta catástrofe fue la pérdida de los cultivos de papa en esa isla, debida a una enfermedad llamada técnicamente del tizón tardío (también llamada ranchara o mildiú de la papa). Esta enfermedad la provoca un protista (que antes se pensaba era un hongo) denominado *Phytophthora infestans*; ahora se sabe que es un Oomiceto, un pseudo-hongo. Esta enfermedad se debió a la poca o nula resistencia a patógenos que tenían las papas en Irlanda, debido a que las poblaciones de papas locales tenían muy poca variación o diversidad genética, ya que eran descendientes de unos cuantos individuos que habían sido traídos del Perú. Una variedad del tizón que mata a una planta de papas tenía el potencial de matar a todas, como efectivamente sucedió.

Evolutivamente, los humanos somos papas irlandesas. Somos una de las especies animales con menor variación genética que se conoce. Esto se debe a los diferentes cuellos de botella (reducciones drásticas en el tamaño de las poblaciones) por los que pasaron las poblaciones de nuestros ancestros. Aunque los humanos creemos que somos muy diferentes unos de otros, en realidad, desde el punto de vista genético somos casi idénticos. Y por otra parte, las densidades poblacionales de nuestras ciudades aumentan constantemente; si a esto le agregamos la cada vez mayor movilidad, con muchísimos viajes diarios tanto locales como a destinos muy remotos, tenemos las condiciones ideales para que surjan nuevas enfermedades contagiosas que tengan el potencial de afectar a los humanos de todo el planeta, incluso a aquellos que tienen poco contacto con las civilizaciones modernas. Aunque desde nuestros orígenes hemos convivido con enfermedades, a lo largo de nuestra historia hay todo tipo de recuentos sobre enfermedades contagiosas que acabaron con buena parte de las poblaciones humanas, como la peste negra, la viruela y la influenza española. Recientemente y hasta hace unos meses habíamos tenido una suerte relativa gracias a la medicina moderna, ya que las vacunas, antibióticos y antivirales nos hacían sentir seguros. Pero la reciente pandemia del COVID-19 demuestra que sólo era cuestión de tiempo para que nuevas enfermedades emergentes contagiosas causaran estragos impresionantes en nuestras vidas.

Al mismo tiempo, vemos otra verdadera epidemia, pero de noticias falsas, de información sesgada o totalmente falsa y con todo tipo de mitos que se dispersan a una velocidad más que ex-

ponencial en las redes sociales y en los diferentes medios. Llama aún más la atención que en algunos casos este tipo de noticias se propagan en periódicos y canales de televisión tradicionalmente considerados como confiables. Una de estas *fake news* más sorprendentes en este momento, son las ideas de que la red 5G sea la causa de la enfermedad COVID-19, o que el virus mismo fue creado en un laboratorio.

Ante todo este desolador panorama, no nos queda más que hacer un llamado urgente a fortalecer la ciencia así como la educación y cultura científica. Específicamente, la ciencia necesita desarrollar investigación que nos ayude a entender la dinámica de estas enfermedades emergentes y pandemias, tanto para desarrollar fármacos y vacunas, así como para combatir las enfermedades y quizá más apremiante, cómo prevenirlas. No debe quedar de lado que a estas iniciativas se les debe agregar mejoras en la educación y la divulgación científica, que son las que verdaderamente pueden ayudar a combatir la ignorancia y la pereza intelectual que son las que logran que estas noticias falsas se vuelvan “virales”.

En este número 24 de *Oikos=* rendimos homenaje a los científicos que sentaron las bases de nuestra investigación actual. En primer lugar incluimos un artículo por Rosa Jimena Rey, responsable de la biblioteca de nuestro Instituto, sobre el viaje heroico de Humboldt, iniciado a fines del siglo XVIII por la América tropical. A raíz de este viaje, este ilustre personaje hizo contribuciones únicas y originales que nos conducen al estudio moderno de la ecología y biodiversidad. Una aportación mucho menos conocida para el público general fue la de Ronald A. Fisher. Fisher es uno de los científicos que desarrollaron inicialmente la teoría de la genética de poblaciones. Esta rama de la biología nos sirve, por ejemplo, para analizar los niveles de variación genética en el humano, en las papas y, muy *ad hoc* para los tiempos modernos, para conocer los diferentes tipos de coronavirus. Este conocimiento nos permite entender su evolución pasada e incluso a veces, predecir posibles trayectorias de evolución y adaptación. Así, la genética de poblaciones es una herramienta fundamental en el estudio de esta pandemia y de las enfermedades emergentes. El Dr. Daniel Piñero, investigador fundador de nuestro Instituto, nos platica sobre un artículo seminal en la historia de la ciencia moderna, donde en 1918, hace un poco más de 100 años, Fisher demostró la relación entre la genética de caracteres discretos, como los colores de flores de chícharo que estudió Mendel, con la de los caracteres continuos, como son el peso o la estatura de una



persona, y cómo se pueden analizar la evolución de ambos por medio de lo que llamamos ahora la genética de poblaciones y la genética cuantitativa.

También en este número, en una nota por Daniel Piñero y uno de nosotros, se recuerda a Luigi Luca Cavalli-Sforza, fallecido hace relativamente poco. Cavalli-Sforza dedicó su vida a un trabajo pionero, aplicando y adaptando la teoría de la genética de poblaciones precisamente al estudio de la variación genética en humanos y de su evolución, en particular sobre el papel de la migración y la diferenciación genética resultante. Y sobre evolución humana, Constantino Macías, investigador y director de nuestro instituto, reflexiona sobre lo que nos hace únicos a los humanos

alrededor de otra especie de nuestro género, *Homo luzonensis*, descubierta recientemente en las Filipinas y lamentablemente ya extinta.

La globalización no solo implica el movimiento de mercancía sino también de humanos y enfermedades. Así, Kyle Shaney, postdoc de nuestro Instituto, nos presenta un emocionante relato de sus aventuras en las selvas malayas para conservar cocodrilos en peligro de extinción en Sumatra, ya que sus poblaciones se están acabando debido a la destrucción de la selva para sembrar la palma de aceite *Elaeis guineensis*. Los cultivos de esta palma, conocida también como palma africana, han proliferado debido a un intenso comercio internacional por su preciado aceite. Es



Danza de la muerte de Michael Wolgemut.
Via Wikimedia

necesario resaltar que la plantación de esta palma representa un importante problema para la conservación de las selvas tropicales de todo el mundo, incluyendo México. La globalización también nos refiere a China y al origen del coronavirus de la pandemia de COVID-19. Se han señalado a los murciélagos como el posible origen de este coronavirus, por lo que el Dr. Rodrigo Medellín nos da una serie de breves puntos para aclarar dudas y confusiones en relación con el papel de los quirópteros en esta terrible pandemia, que podríamos resumir como: ¡los murciélagos no tienen la culpa! En efecto, estos animales no tienen la culpa de que se destruya su hábitat, ni del comercio ilegal de especies y mucho menos de que seamos tantos humanos ni tan parecidos en términos genéticos y médicos.

Por último, en este número también incluimos, como generalmente hacemos, una nota sobre conservación en México, ahora es sobre el posible efecto de carreteras y caminos en la conducta y poblaciones de los perritos de la pradera del desierto Chihuahuense, *Cynomys mexicanus*, otra nota sobre ecología urbana y los árboles óptimos para plantar en nuestra ciudad y una infografía sobre una abeja mexicana sin aguijón de Yucatán que produce una miel muy especial.

Queremos de nuevo enfatizar la importancia del estudio científico, tanto evolutivo como ecológico, de las enfermedades que junto con trabajo molecular y experimental detallado, nos van a llevar a entender mejor estas enfermedades emergentes, cómo controlarlas, y cómo desarrollar vacunas y métodos que nos ayuden a sobrevivirlas. Todo este conocimiento podría ser inútil si no es acompañado de políticas e iniciativas claras para proteger al ambiente, a la biodiversidad y a todo nuestro planeta. Y, aunque genéticamente no podamos dejar de ser unas papas irlandesas, es importante que todos los ciudadanos hagamos un esfuerzo por no ser *couch potatoes*, de ser escépticos y no creer la gran cantidad de noticias falsas que nos llegan constantemente. Es fundamental que juguemos un papel importante como científicos y educadores, y trasmitamos los conocimientos científicos mínimos para que la gente sepa, cuando menos, qué son los virus y cómo evolucionan y que es imposible que unas ondas electromagnéticas, en particular la red 5G, puedan ser el origen de un virus.

Nos queda una importante cuesta científica y educativa y el camino es empinado, pero no debemos dudar en recorrerlo con entusiasmo y dedicación como científicos y universitarios. 🌱



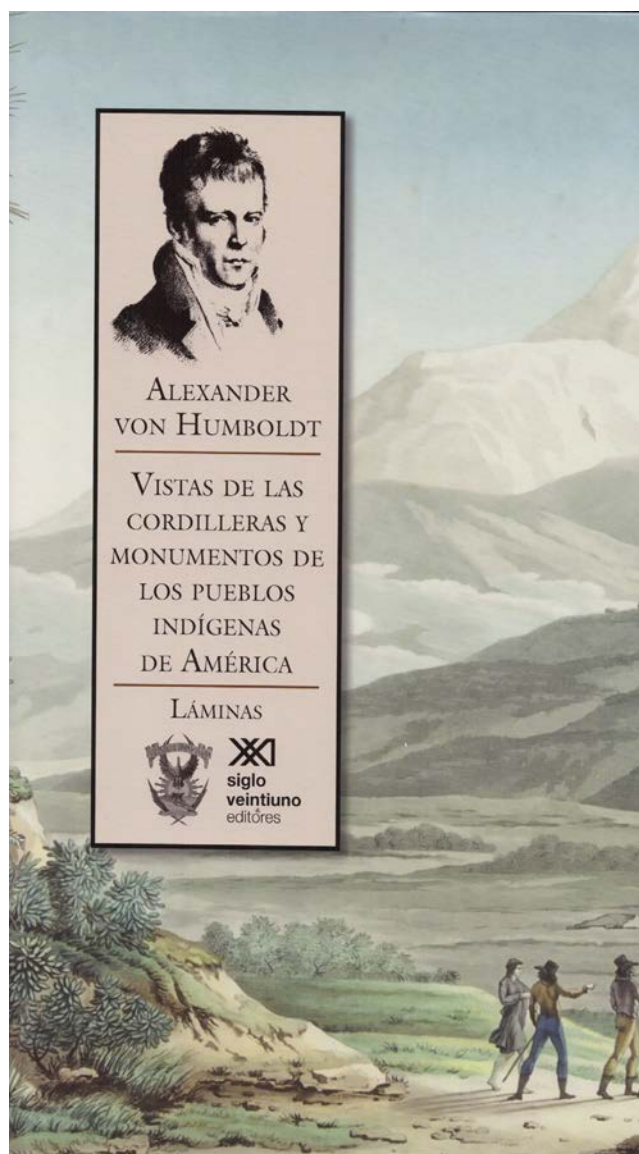
2019, a 250 años del nacimiento de Alexander von Humboldt
Rosa Jimena Rey Loiza

El pasado 2019 celebramos los 250 años del natalicio del explorador, geógrafo, humanista y naturalista prusiano Alexander von Humboldt y resulta natural que parte de los festejos se realizaran en diversos países de la América Latina y en Alemania. A lo largo de ese año el proyecto temático “Humboldt y las Américas” impulsó una serie de actividades y conciertos conmemorativos principalmente en México, Cuba, Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador y Alemania, aunque también se realizaron actividades en Brasil, Uruguay, Argentina, Bolivia, Chile, Guatemala y Nicaragua.

Nuestra universidad se unió a la celebración con el coloquio internacional “Estética y ecología de las montañas. La herencia conceptual de Alexander von Humboldt en las Américas”, que tuvo lugar en el Instituto de Investigaciones Estéticas entre el 18 y 19 de septiembre del 2019. Por otra parte, el ciclo de conferencias “Miradas sobre Humboldt en la era del Antropoceno” (organizado por la cátedra Simón Bolívar, de la Facultad de Filosofía y Letras, y la cátedra Humboldt, de El Colegio de México) cerró su programa el 27 de noviembre en la Facultad de Ciencias con la intervención del doctor Rodolfo Dirzo, de la Universidad de Stanford, EUA.

En 1799 el berlinés Alexander von Humboldt se embarcó en La Coruña, España, rumbo a América con Aimé Bonpland, varias maletas y alrededor de 42 carros repletos de instrumentos científicos. El viaje de cinco años comenzó por la entonces capitania general de Venezuela y continuó por la capitania general de Cuba, el virreinato de la Nueva Granada, el virreinato del Perú y la Nueva España, adonde llegó en 1803. La última etapa del viaje tuvo lugar en Estados Unidos, desde donde Humboldt se embarcó de regreso a París en agosto de 1804.

Se sabe que durante su viaje, de alrededor de diez mil kilómetros, Humboldt necesitó cuadrillas de hasta 25 indígenas para trasladar por los caudalosos ríos americanos sus documentos, herbarios, instrumentos de medición y material recolectado, y que en los recorridos por tierra llegó a formar recuas de hasta 20 mulas. Humboldt financió por completo su expedición con la herencia que recibiera a la muerte de su madre, fallecida en 1796. A su regreso a Europa, con 35 años, continuó ocupándose de exponer y organizar en libros las impresiones y los datos recogidos durante su larga aventura americana.



Portada de Alexander von Humboldt. Vistas de las cordilleras y monumentos de los pueblos indígenas de América. 2a ed. Siglo XXI Editores, 2 vols. 2016

El libro *Vistas de las cordilleras y los monumentos de la América* es un registro maravilloso de algunos de los paisajes y objetos culturales americanos que sorprendieron al berlinés en su recorrido. Publicado en francés por primera vez en 1810, *Vistas de las cordilleras...* es reconocido como uno de los trabajos más importantes de Humboldt, desde el punto de vista paisajístico. La editorial Siglo XXI cuenta con dos ediciones de esta obra, una de 1996 y otra publicada en 2016, idénticas excepto porque en las páginas preliminares de la primera domina la imagen juvenil del explorador, mientras que en la segunda se privilegió el retrato de un Humboldt que se encuentra ya en edad madura. La obra, de dos volúmenes, incluye un texto introductorio de Charles Minguet y Jean-Paul Duviols, ambos notables y reconocidos hispanistas, y un estudio del poeta mexicano, filósofo, editor y traductor de esta edición, Jaime Labastida, sobre las aportaciones de Humboldt a la antropología mexicana.

Charles Minguet y Jean-Paul Duviols refieren la publicación de las Vistas... como un “acontecimiento sin precedente en la literatura de viajes” por el uso del color y el “tamaño inusitado de la obra (grande en folio)”, resultado de la importancia que Humboldt adjudicó a la imagen “como un testimonio científico y demostración” (Vistas..., p. xii). Por su parte, Jaime Labastida explica que la obra fue concebida por el autor como el “atlas pintoresco” de su *Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent* (la obra monumental de treinta volúmenes publicada entre 1805 y 1834) y que el autor se propuso en ella “recoger materiales dispersos que no podían entrar, por su contenido, en los libros especializados de zoología, botánica y observaciones astronómicas” (Vistas..., p. xxv).

El primer volumen de la obra, compuesto por 69 láminas, recorre las montañas y las caídas de agua de los Andes, y, por supuesto, los hermosos volcanes a los que Fernando Benítez llamó el leitmotiv (el hilo conductor) de la geografía americana. La vista

del volcán Chimborazo desde la meseta de Tapia (el dibujo es de Jean-Thomas Thibault a partir de un boceto de Humboldt), a dos páginas, deja entrever un paisaje andino, con nopales y vicuñas, en el que varios hombres recogen plantas y discuten entre ellos. En otras láminas aparece el interés de Humboldt por las culturas americanas, por su pintura, su arquitectura, los calendarios, los códices, la escultura. Labastida explica que el orden en que aparecen los textos, “en cierto modo arbitrario”, responde a los “requerimientos técnicos de la edición, o sea, el problema de grabar, en diversos países europeos, los dibujos que acompañan al texto” (Vistas..., p. xxv).

La portabilidad del conjunto de la obra se dificulta por los casi 4 kilos de los dos tomos, así como la manipulación simultánea –necesaria para ir y venir del texto a la imagen– se complica por las dimensiones (240 mm x 350 mm). La biblioteca del Instituto de Ecología (UNAM) cuenta ahora con un ejemplar de *Vistas de las cordilleras y los monumentos de la América*, un hermoso fragmento del vasto trabajo al que Humboldt dedicó su vida, con el que podemos seguir celebrando la pasión y la curiosidad de ese extraordinario personaje. 🌟

Rosa Jimena Rey Loaiza. Es responsable de la biblioteca del Instituto de Ecología desde 2017. Cursó Estudios Latinoamericanos en la UNAM y tiene amplia experiencia en el ámbito editorial. Su responsabilidad en el Instituto va desde ampliar la oferta de revistas, libros y bases de datos sobre ecología en los catálogos de la UNAM, hasta buscar y adquirir los libros y artículos que lleguen a solicitar los académicos y los estudiantes del Instituto.



La profunda revolución estadística y Mendeliana de 1918: Ronald A. Fisher

Daniel Piñero

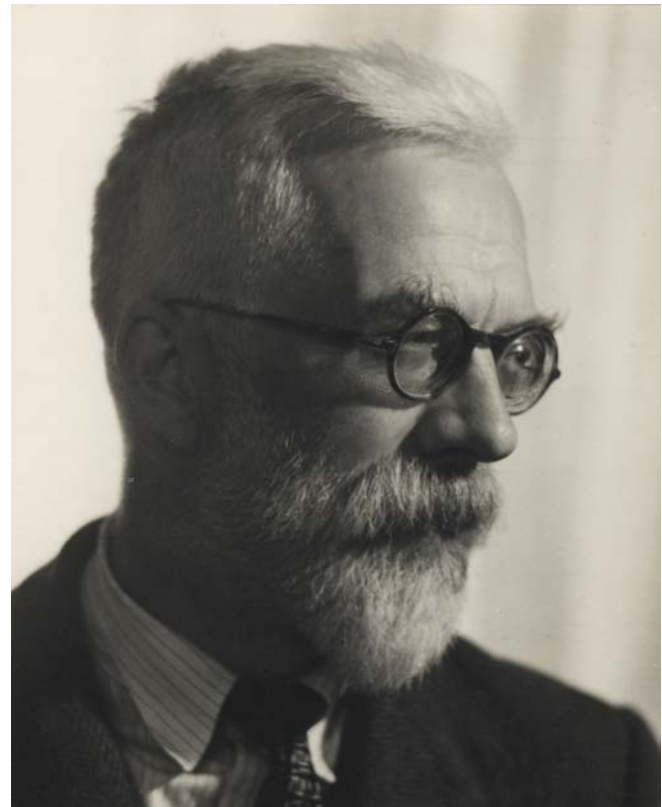
Gregor Mendel, un monje de la orden de los Agustinos, en el antiguo imperio Austriaco, trabajó en su monasterio de 1856 a 1863 haciendo cruza entre frijoles para entender cómo se heredaban ciertas características, que él denominó híbridas, de padres a hijos. Su trabajo fue publicado en alemán en 1866 en los *Proceedings* de la Sociedad de Historia Natural de Brünn, o Brno, (revista que desapareció en 1920). Previamente Mendel había presentado su trabajo en la Sociedad de Historia Natural de Brünn, ciudad que actualmente queda en la república Checa, ante poco menos de cincuenta académicos, pero probablemente nadie entendió la relevancia de su trabajo que, con el paso del tiempo, cayó en el olvido.

Las leyes de Mendel se redescubrieron en 1900, lo que detonó una batalla entre los científicos ingleses W.F.R. Weldon y W. Bateson por, al menos, dos puntos: primero, por su generalidad, es decir por comprobar si esas “leyes” se cumplían en todas las especies (respuesta, si se cumplen), y segundo, por mostrar que se aplicaban a los rasgos importantes para la evolución, por ejemplo, la fecundidad o la supervivencia. Esta batalla, que duró entre 1902 y 1906, terminó sin haberse encontrado alguna respuesta al segundo punto.

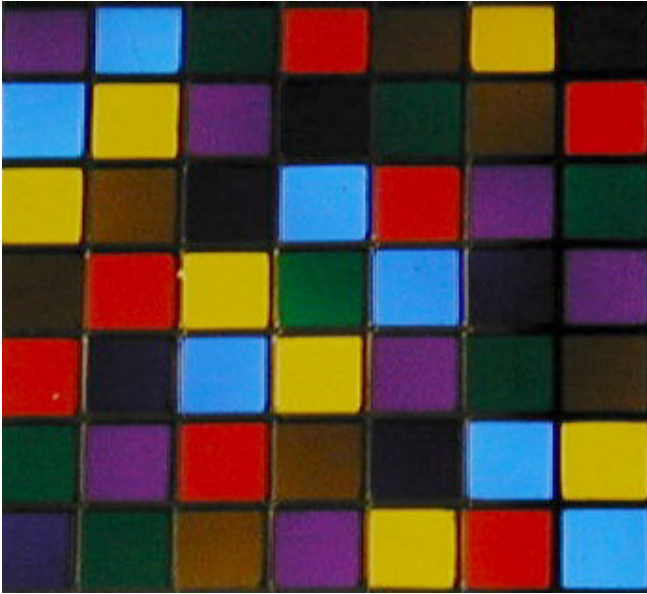
No fue hasta 1918 que se resolvió esta controversia, cuando Ronald A. Fisher, otro científico inglés, publicó un artículo que tituló: “La correlación entre parientes bajo el supuesto de la herencia Mendeliana” (*The Correlation Between Relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance*). Inicialmente, este artículo no lo entendieron ni los evolucionistas, ni los genetistas, ni los estadísticos. En él se demostró cómo los rasgos que tienen una distribución continua en las poblaciones (como la altura en humanos, o los rasgos que enfatizaba Weldon como importantes blancos de la selección Darwiniana, como la fecundidad o la longevidad) pueden descomponerse en varias causas. La primera causa es el componente genético aditivo de los efectos de los genes, cuando cada gen involucrado en determinar un rasgo suma sus efectos. La segunda causa era debida a varios términos de interacción genética, esto es, que los genes no solo se suman en sus efectos, sino que unos pueden ser dominantes sobre otros (cuando hay un gen, otros genes no tienen efecto sobre el rasgo) o ser epistáticos (cuando un gen afecta la expresión en los rasgos de otros genes). La tercera causa de la variación de estos rasgos se debe a los efectos del ambiente (por ejemplo, ambientes ricos hacen que los individuos sean más altos que ambientes pobres, aunque la genética sea igual). La cuarta causa es la interacción

entre el genotipo y el ambiente, es decir, el hecho que se ha encontrado sobre todo en experimentos de jardín común que muestra que diferentes genotipos reaccionan de manera diferencial a las condiciones del ambiente.

Este genial planteamiento original de Fisher demostró dos puntos importantes: por un lado, que con la variación de una población se puede realizar un análisis estadístico formal, en el que es posible incorporar a cada variable como fuente de la variación fenotípica, esto es la base de lo que hoy conocemos como el análisis de varianza (ANOVA) y que se utiliza para responder muchas preguntas sobre las diferentes fuentes de variación en todo tipo de estudio, no solo sobre genética. El otro punto es el concepto de fenotipo, esto es, todas las características observables de los organismos no son solamente producto de las partículas que Mendel había propuesto y que ahora llamamos genes, sino que dependen también del ambiente.



Sir Ronald Aylmer Fisher, 1951.
Imagen: Universidad de Adelaide, Australia.



Cuadro latino del vitral en el comedor de Gonville y Caius College, Cambridge, Inglaterra. Conmemora a Ronald Fisher y su discusión en *El diseño de experimentos* publicado en 1935. Imagen: *The Genetics Society*.

Me detengo un momento para hacer notar que Fisher no tenía una concepción de la naturaleza de los genes. No fue hasta la década de 1950 que se demostró que el ADN es el material de la herencia, y por lo tanto, cuando Fisher escribió su artículo seminal, no se sabía nada de la maquinaria que producía una célula, del núcleo, del citoplasma, ni de la elaboración de las proteínas: todo se intuía. Algunas de las estructuras celulares las veían los científicos de la época bajo el microscopio y otras las purificaban en el laboratorio. Con esa creatividad, desde la academia, Ronald A. Fisher dedujo correctamente que el ambiente, los genes y las interacciones entre ellos, podrían explicar los fenotipos que observamos en todas las poblaciones de todos los seres vivos. En particular, Fisher propuso que los genes que afectan los rasgos que se podían medir de forma cuantitativa, como la altura de los individuos o la fecundidad (número de hijos), son numerosos y que generalmente cada uno de estos genes tiene un efecto muy pequeño en el fenotipo. A este modelo de la genética hoy se le llama el modelo infinitesimal de Fisher, aunque él no lo bautizó así, pero por su relevancia, la comunidad científica lo conoce con ese nombre.

Por esta y otras contribuciones R.A. Fisher, es actualmente profundamente apreciado tanto por los estadísticos como por los geneticistas, pero su artículo de 1918 fue tan revolucionario que lo rechazaron los revisores de la revista de la Real Sociedad de Londres, Karl Pearson y R.C. Punnett, un estadístico y un genetista, respectivamente. El primero de ellos fue alumno de Weldon, especialista en biometría, y el segundo, un mendeliano muy conocido, pero popularizado por la tabla que usamos para

representar las cruces y al que llamamos el cuadro de Punnett. El miembro de la Sociedad que presentó el artículo ante los demás miembros, supongo que a sugerencia del propio Fisher, lo retiró, y finalmente Fisher lo publicó en una revista mucho más modesta, en *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* el 1 de octubre de 1918.

Al cumplirse 100 años de la publicación de este artículo seminal para la genética y biología evolutiva, tuve la gran fortuna de asistir a la reunión “100 years of quantitative genetics theory and its applications: celebrating the centenary of Fisher 1918”, que se llevó a cabo en el *Royal College of Surgeons* (fundado en 1505) de Edimburgo, el 9 de octubre de 2018. Sin describir cada una de las presentaciones (aquí la liga a todas ellas <https://bit.ly/2Meao5R>), si quisiera compartirles algunos puntos que llaman mi atención de esta importante reunión. Los detalles pueden encontrarlos en la página de *The Genetics Society del Reino Unido* tanto sobre los títulos de las pláticas como sus resúmenes y los ponentes.

Algunas publicaciones recientes relacionadas con las ponencias abordan temas como las reevaluaciones y extensiones al modelo infinitesimal de Fisher, con y sin ligamiento genético (por ejemplo, mostrando cómo la variación fenotípica depende del tamaño de cada cromosoma ya que, entre más grande, hay más genes ligados en cada cromosoma), así como la importancia de la introgresión adaptativa. Otras publicaciones tratan sobre el efecto de la consanguinidad en los caracteres cuantitativos (por ejemplo, George Ledyard Stebbins, un botánico de los Estados Unidos, tenía razón cuando dijo que los linajes de plantas que se autopolinizan son linajes destinados a extinguirse?).

Un trabajo fascinante reciente trata la correlación entre parientes, así como aplicaciones sobre las bases genéticas que influyen en la cara y la forma del cabello en humanos, describiendo una evolución convergente en asiáticos y europeos que favoreció cambios en dos genes diferentes, EDAR y TCHH. Otros ejemplos de estos estudios involucran la aplicación del modelo de Fisher para el mejoramiento genético, las aplicaciones de la teoría en poblaciones silvestres de borregos (*Soey sheep*), la estimación de la matriz de relaciones familiares en poblaciones naturales, el uso del aprendizaje de máquina (que son métodos computacionales sofisticados que permiten detectar patrones) para el mejoramiento del maíz y la biología sintética, la importancia de la variación estructural en variación cuantitativa y la generalización de la regla de Hamilton (que trata sobre en qué condiciones se selecciona ayudar a los parientes o, como diría J.B.S. Haldane, “no daría mi vida por un hermano, pero sí por dos”) a rasgos genéticos cuantitativos. Sin duda estas áreas del conocimiento están en el centro de nuestra búsqueda de la causalidad en los rasgos fenotípicos.

Cien años no han sido suficientes para entender completamente esta causalidad, pero como se puede ver en mi descripción de lo que se abordó en el simposio, durante muchos años el conocimiento del tema avanzó lentamente y hasta hace poco se ha acelerado. Actualmente los enfoques multidisciplinarios y



Cuadrado latino, discutido por él en *The Design of Experiments*. En 2018 se cumplieron 100 años de la publicación de R.A. Fisher: “*The correlation between relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance*”, que marca el inicio de la genética cuantitativa. Imagen: *The Genetics Society*.

novedosos prometen tener respuestas más claras en menos tiempo para abordar problemas que afectan la vida diaria del ser humano y de la biodiversidad que nos rodea. 🌱

Daniel Piñero. Es investigador del Instituto de Ecología de la UNAM. Dirige proyectos sobre genética de poblaciones de plantas, en particular de filogeografía y estructura genética en especies mexicanas.

Para saber más

- Browning, B. L. y S.R. Browning. (2013). Improving the accuracy and efficiency of identity-by-descent detection in population data. *Genetics* 194: 459-71.
- Boyle, E.A., Li, Y.I., y J.K. Pritchard. (2017). An Expanded View of Complex Traits: From Polygenic to Omnigenic. *Cell* 169: 1177-1186.
- Crouch, D.J.M., W. Winney, W.P. Koppen, W.H. Christmas, K. Hutnik, T. Day, D. Meena, A. Boumertit, P. Hysi, A. Nessa, T.D. Spectator, J. Kittler y W.F. Bodmer. (2018). Genetics of the human face. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 115 (4) E676-E685. <https://doi.org/10.1073/pnas.1708207114>
- Kemper, K.E., C.M. Reich, P.J. Bowman, J. vander Jagt, A.J. Chamberlain, A.B. Masson, B. J. Hayes y M.E. Goddard. (2015). Improved precision of QTL mapping using a nonlinear Bayesian method in a multi-breed population leads to greater accuracy of across-breed genomic predictions. *Genetics Selection Evolution* 47: 29.
- Norton, B. y E.S. Pearson. (1976). Note on the Background to, and Refereeing of, R. A. Fisher's 1918 Paper 'On the Correlation between Relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance'. *Notes and Records of the Royal Society of London* 31: 151-162.
- Sachdeva, H. y N.H. Barton. (2018). Introgression of a block of genome under infinitesimal selection. *Genetics*, Early Online <https://doi.org/10.1534/genetics.118.301018>.
- Washburn, J.D., M.K. Mejia-Guerra, G. Ramstein, K. Kremling, R. Valluru, E.D. Buckler y W. Hai. (2018). Evolutionarily informed deep learning methods: Predicting transcript abundance from DNA sequence. *BioRxiv*, <https://doi.org/10.1101/372367>.

Cavalli-Sforza: el humanista convertido en evolucionista o por qué el ser humano es un modelo para estudiar la evolución

Luis E. Eguiarte y Daniel Piñero

Introducción

Luigi Luca Cavalli-Sforza, uno de los más importantes biólogos evolutivos modernos, falleció recientemente, el 31 de agosto del 2018, a los 96 años.

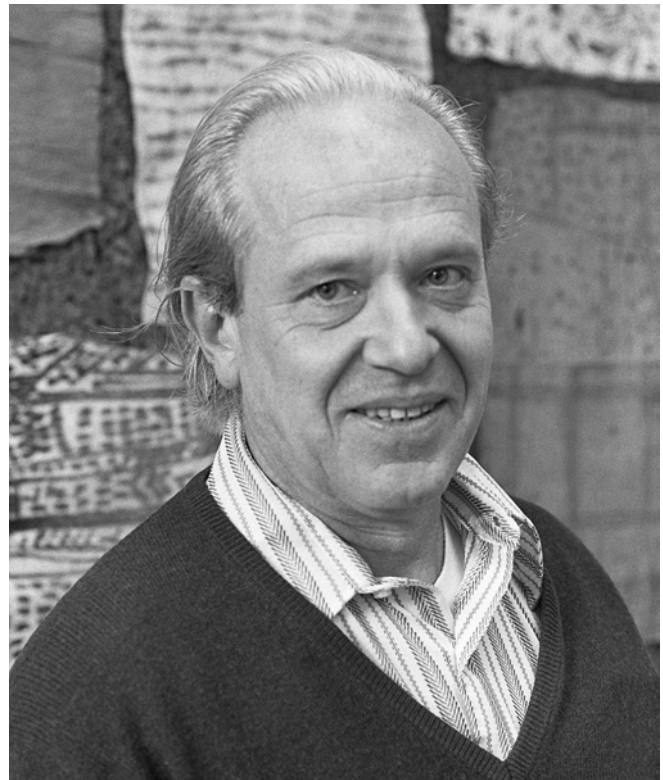
Hace tiempo, buscando un dato esotérico que nos encargó Clementina Equihua, co-editora de nuestro *Oikos=* (pregunta: ¿de qué organismo era el ADN con el que Watson y Crick describieron la estructura del ADN? Al final de esta nota encontrará la respuesta) y releendo el clásico (y controversial) *The Double Helix* de James D. Watson, encontramos de repente en el Capítulo 20 mención a un joven Cavalli-Sforza (sin primer nombre, y sin más datos), describiendo los experimentos de su amigo y colaborador, el genetista de bacterias Joshua Lederberg que, cuando apenas tenía 20 años, descubrió la recombinación y los procesos sexuales en *Escherichia coli* (estudio por el cual le concedieron el premio Nobel en 1958). Efectivamente, aunque la principal contribución de Cavalli-Sforza fue el estudio detallado de la genética de poblaciones humanas, inició su carrera científica trabajando experimentalmente con el estudio de la recombinación en bacterias con Lederberg, bajo la dirección del mismísimo R.A. Fisher en Cambridge entre los años 1948 y 1950. En esos años con Fisher, Cavalli-Sforza se interesó en las poblaciones humanas y las estudió usando los pocos marcadores genéticos que se tenían en esas fechas, en particular los grupos sanguíneos A, B y O, los grupos MN y el factor Rh, temas que también le interesaban mucho a Fisher. Con esas ideas en mente, Cavalli-Sforza comenzó a trabajar sobre la deriva génica en poblaciones humanas aisladas en el norte de Italia, su país natal.

Las contribuciones de Cavalli-Sforza

Sus principales contribuciones a la ciencia las desarrolló un poco después, en colaboración con otro alumno de R.A. Fisher, Anthony W. Edwards, experto en estadística, genética de poblaciones y análisis de datos, quien en 1960 consiguió apoyo para trabajar en la Universidad de Pavia utilizando lo que en aquel entonces era una nueva computadora de la marca Olivetti. Al mismo tiempo que Cavalli-Sforza y Edwards obtenían los primeros datos de poblaciones humanas, desarrollaron diferentes algoritmos que usaron en uno de sus primeros artículos, en 1963.

En este estudio utilizaron 15 poblaciones humanas, tres por continente y 20 variantes (alelos) derivados de datos de gru-

pos sanguíneos, usando un método que llamaron “evolución aditiva”, que presentaron como un dendrograma o árbol filogenético y como un mapa. Tal vez esta fue la primera vez que se usaron los árboles para estudios de genética de poblaciones, la primera aplicación de las ideas y métodos del concepto de parsimonia y la primera representación de éste en un mapa, que es el corazón de las ideas de filogeografía moderna. Pocos años después, en 1967, Walter Fitch y Emmanuel Margoliash popularizaron un método de matriz de distancias para obtener los primeros árboles filogenéticos derivados de secuencias de proteínas (los datos de Cavalli-Sforza y Edwards eran de fenotipos de los grupos sanguíneos), lo que demostró la importancia fundamental de tener una matriz de datos más confiable, ya que cuando estas matrices contienen



Luigi Luca Cavalli-Sforza.

Fotografía: Jose Mercado 1973. Escuela de Medicina, Universidad de Stanford, EUA.

pocos datos producen reconstrucciones de la filogenia del organismo en estudio que muchas veces es equivocada. Actualmente muchos biólogos y genetistas usamos constantemente en nuestros estudios árboles filogenéticos y diferentes métodos e ideas derivadas de estas propuestas pioneras, pero a la mayoría se nos olvida o nunca supimos de sus orígenes.

En 1968, Cavalli-Sforza se mudó a la Universidad de Stanford, en California, EUA, donde comenzó a dar el curso de genética de poblaciones junto con Walter Bodmer, con el que escribió el libro de texto clásico *The genetics of human populations* de 1971, y con el que Carlos Martínez del Río le dio a uno de nosotros (LEEF) las clases donde aprendimos los elementos de la genética de poblaciones y que aún es un texto útil y una referencia indispensable.

Con el paso del tiempo, Cavalli-Sforza siguió recopilando datos de más poblaciones humanas, con más marcadores. Este trabajo lo resumió en la monumental obra *The history and geography of human genes* (1994), que publicó en coautoría con Paolo Menzoni y Alberto Piazza, que es un verdadero atlas de la diversidad humana.

Adicionalmente, su trabajo con Marcus Feldman sobre la transmisión cultural en poblaciones humanas, tema con el cual publicaron un libro en la prestigiosa serie de Princeton, *Cultural Transmission and Evolution* (1981), muestran sus intentos de conjuntar el estudio de los lenguajes con los genes, para reconstruir la historia humana.

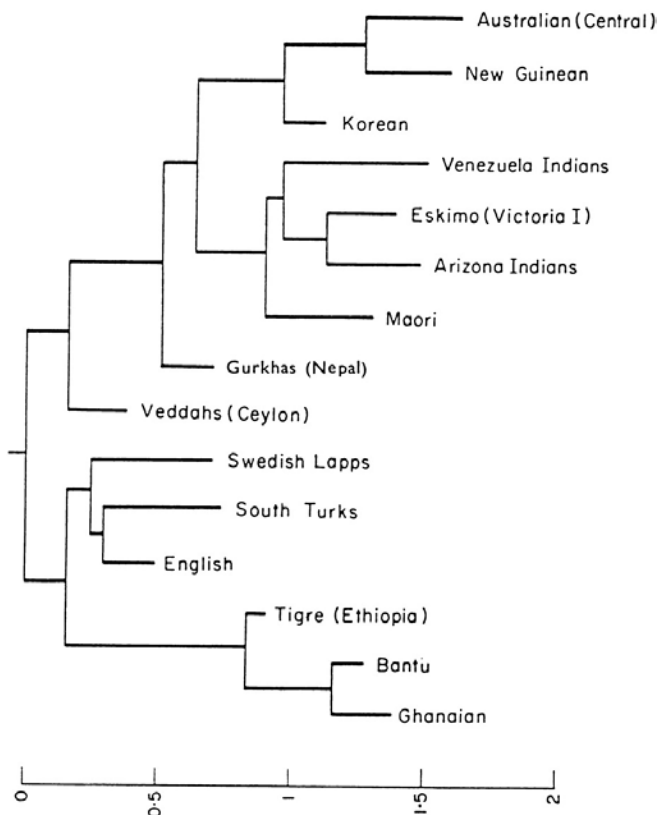
La escuela de Cavalli-Sforza

Durante toda su carrera, Cavalli-Sforza fue un antirracista muy vocal. Más recientemente, todavía en Stanford, inició un amplio proyecto llamado *Human Genome Diversity Project*, con el fin de contribuir a entender la evolución humana y analizar enfermedades de origen genético, juntando datos de más de mil personas de 52 poblaciones en el mundo. Obviamente este es un proyecto muy importante, pero que fue criticado por algunos grupos como controversial y abierto a la biopiratería, donde el acceso a la información genética es el centro de la controversia. Sin duda, este es un tema no resuelto por nuestras sociedades. Aún así, y por razones aparentes, el ser humano se ha vuelto una especie modelo para estudiar muchos procesos evolutivos y funcionales, de la misma manera que lo concibió Cavalli-Sforza. Por ejemplo, la historia de la colonización humana de los diversos continentes es el ejemplo filogeográfico mejor conocido que tenemos; en segundo término, el genoma humano es sin duda del que más sabemos, tanto en su aspecto estructural como funcional. Ambos grupos de información son críticos para entender a nuestra especie, para conocer cuándo llegamos a los diferentes ecosistemas en donde actualmente vivimos, desde cuándo comenzamos a modificarlos, y los procesos de transformación y adaptación a cada ambiente, además de los procesos evolutivos inherentes a nuestra especie, por ejemplo.

¿Impacto en México?

Cavalli-Sforza no tuvo colaboraciones directas con genetistas de poblaciones mexicanos que hayan resultado en publicaciones. Aún así, de sus casi 24,000 citas en SCOPUS encontramos que un poco más del 1% de ellas (321) son citas en las que al menos uno de los autores está ubicado en México. Sobre todo se trata de citas a sus métodos para estimar la distancia genética, para construir árboles filogenéticos. Sin duda, la mayor influencia de Cavalli-Sforza fue sobre el grupo de Rubén Lisker, Fabio Salamanca, Alvar Loria, Mauricio Swadesh y Salvador Armendares, quienes trabajaban tanto en genética de poblaciones asociada a la medicina, como sobre la importancia de la deriva genética en poblaciones originarias, como relata Ana Barahona, de la Facultad de Ciencias de la UNAM, en su estudio del 2016.

Como en otros casos, dentro de la UNAM deberíamos haber tenido colaboraciones formales con Cavalli-Sforza y su grupo de trabajo, porque no solamente hubiéramos trabajado en proyectos importantes, sino también habríamos aprendido de él el profundo humanismo que lo llevó a entender la teoría de la evolución a través del estudio del ser humano.




Dendrograma que ilustra a 15 poblaciones humanas, tres por continente y 20 variantes (alelos) derivados de datos de grupos sanguíneos, usando un método que llamaron "evolución aditiva".

Imagen: *Statistical Methods for Evolutionary Trees* de la revista *Genetics* de la *Genetics Society of America*.



Para terminar

La respuesta a la pregunta de Clementina sobre el origen del ADN con el que se hizo la descripción de su estructura —misma que explica muchos de los detalles de los procesos genéticos y evolutivos que comenzó a describir Luigi Luca Cavalli-Sforza desde los años 40 del siglo pasado, junto con otros científicos pioneros y heroicos— no, no fue, como tal vez uno esperaría, la famosa víctima de Crick y Watson, Rosalind Franklin; ni el otro experto en cristalografía, Maurice Wilkins, responsables de las famosas imágenes de la difracción de rayos x del ADN los que les dieron parte de los datos que necesitaban Watson y Crick. Tampoco fue Cavalli-Sforza ni Joshua Lederberg, quienes solo salen de pasada en la obra de Watson (como fuentes de posibles proyectos alternativos si les ganaban la carrera para resolver el ADN).

Este ADN original, que saltó a la fama, lo obtuvo Rudolf Signer, un bioquímico suizo de la Universidad de Berna, del timo de terneras. Signer se lo regaló a Maurice Wilkins, del King's College de Londres, quien posteriormente se lo dio a Raymond Gosling, su alumno de doctorado. Raymond Gosling logró cristalizar esta molécula después de muchos y complicados esfuerzos. Seguramente nadie se acuerda de ninguno de estos científicos, pero esto nos refuerza la idea de lo importante que es recordar y celebrar a los pioneros de nuestro campo, la genética, como lo fue el Dr. Luigi Luca Cavalli-Sforza. 

Daniel Piñero. Es investigador del Instituto de Ecología de la UNAM. Dirige proyectos sobre genética de poblaciones de plantas, en particular de filogeografía y estructura genética en especies mexicanas.

Luis E. Eguiarte. Es investigador del Laboratorio de Evolución Molecular y Experimental del Departamento de Ecología Evolutiva. Estudia la ecología y evolución de las plantas, bacterias y animales de México, usando marcadores genéticos. Es editor de *Oikos=*.

Para saber más

- Attar, N. (2013). Raymond Gosling: the man who crystallized genes. *Genome Biology* 14:402. <https://doi.org/10.1186/gb-2013-14-4-402>
- Barahona A. (2016). Medical Genetics and the First Studies of the Genetics of Populations in Mexico. *Genetics* 204:11-19.
- Edwards, A. W. F. y L. L. Cavalli-Sforza. (1963a). The reconstruction of evolution. (Abstr.) *Heredity* 18: 553, y *Annals of Human Genetics* 27, 104–105.
- Edwards, A. W. F. y L. L. Cavalli-Sforza. (1963 b). *A method for cluster analysis*. Preprints of the 5th International Biometrics Conference, Cambridge, RU, Septiembre, 1963.
- Edwards, A. W. F. y L. L. Cavalli-Sforza. (1964a). A method for cluster analysis. (Abstr.) *Biometrics* 20: 383.
- Edwards, A. W. F. y L. L. Cavalli-Sforza. (1964b). Reconstruction of evolutionary trees, pp. 67–76 in *Phenetic and Phylogenetic Classification, Systematics Association Publication No. 6*, London. Reprinted in *Cladistic Theory and Methodology*, editado por T. Duncan y T. F. Stuessy, 1985. Van Nostrand Reinhold, Nueva York.
- Edwards, A. W. F. y L. L. Cavalli-Sforza, (1965). A method for cluster analysis. *Biometrics* 21: 362-375.
- Fitch, W.M. y E. Margoliash. (1967). Construction of phylogenetic trees. *Science* 155: 279-284.

Los humanos y los otros

Constantino Macías García

En el contexto de un incremento encarnizado de las voces que denuncian la “otredad” como un mal insufrible, como una lamentable consecuencia de la diversidad humana, que puede, no, que debe controlarse o al menos ocultarse detrás de bonitos muros, nos enteramos de otro pariente de cuya extinción quizá somos responsables. *Homo luzonensis*, el nuevo hermano pródigo, nos hace saber que existió, a través de la obstinada persistencia de algunos de sus dientes y de los fragmentos de algunos de sus huesos. Ocultos por milenios, estos restos nos envían, desde el piso de una cueva en el trópico Filipino, una señal más de que, si los humanos que nos autonombramos *Homo sapiens* somos únicos, no es porque la evolución nos haya guiado sólo a nosotros como privilegiada especie desde las llanuras de Olduvai hasta la conquista del planeta. Tampoco somos únicos porque alguna entidad nos haya creado así, de repente, sin historia ni árbol familiar. La existencia hasta hace apenas unas cuantas decenas de miles de años del hombre de Luzón, como la del de Flores (*Homo floresiensis*), apuntalan la hipótesis de que otros miembros de nuestro género, otros humanos, viajaron por Eurasia y Australasia, navegando seguramente entre islas, y produciendo —no podemos dudarlos— tradiciones culturales. Otras más florecieron en Europa dejando tras de sí restos de los parientes a quienes llamamos Neandertales y Denisovanos. En ese mundo que poblaban, por lo menos, otras cuatro especies de humanos, evolucionó nuestra especie, propagándose por todos lados hace unos cuarenta mil años. Poco tiempo después solo quedábamos nosotros. De los Neandertales sólo perduran, además de restos fósiles y algunos artefactos —testigos también de su culturalidad— unos pocos genes que lograron aferrarse a nuestro legado biológico. Menos evidencia material, y menos genes, llegaron a nuestro tiempo y a nuestro genoma por parte de los Denisovanos. No parece probable que los *Hobbits* de Flores y de Luzón nos hayan compartido algunos genes.

Incluso si no tenemos pruebas materiales de ello, es difícil escapar a la culpable inferencia de que fuimos nosotros, los *Homo sapiens*, los responsables directos de la extinción de nuestros hermanos. Permitirles existir a nuestro lado hubiera requerido que nuestros ancestros los reconocieran como eso, como humanos, como especies hermanas surgidas del mismo tronco común, o de la misma voluntad externa, que los generó a ellos. Claramente los antiguos miembros de nuestra especie no creyeron ni lo uno ni lo otro. A pesar de las intrigantes leyendas escuchadas ocasionalmen-

te en la Isla de Flores, o en remotas regiones de los Urales y otras partes de Eurasia, que sugieren que la coexistencia de *Homo sapiens* con alguna de nuestras especies hermanas se prolongó hasta hace algunos cientos de años o menos, no parece quedar ningún resquicio en el que los otros hayan sobrevivido.

Qué pena que ya no estén entre nosotros. Sería fascinante atestiguar las contorsiones retóricas de los líderes religiosos para acomodar la existencia de otras especies humanas dentro de sus estrechos marcos teológicos. ¿Habrán sido dotados de alma? Presumiblemente, dado que no los registran las escrituras, habrían estado ausentes del edén judeocristiano cuando se cometió el pecado original, lo que los haría humanos más virtuosos, más dilectos de su creador, que nuestra especie. Más interesante y productivo sería participar en el debate sobre las implicaciones morales de enfrentar la coexistencia con especies tan cercanas a la nuestra. Sin duda deberíamos reconocerlos acreedores de todos los derechos que hemos llamado humanos y que obstinadamente le negamos a nuestros primos menos cercanos, los chimpancés, los bonobos, los gorilas y los orangutanes. Familiarizarnos con la Gestalt de otras especies humanas, con su manera de vivir en sociedad, de



Fósiles de *Homo luzonensis* en manos del Dr. Armand B. Mijares de la Universidad de Filipinas.
Fotografía: Misael Bacani, UP MPRO.

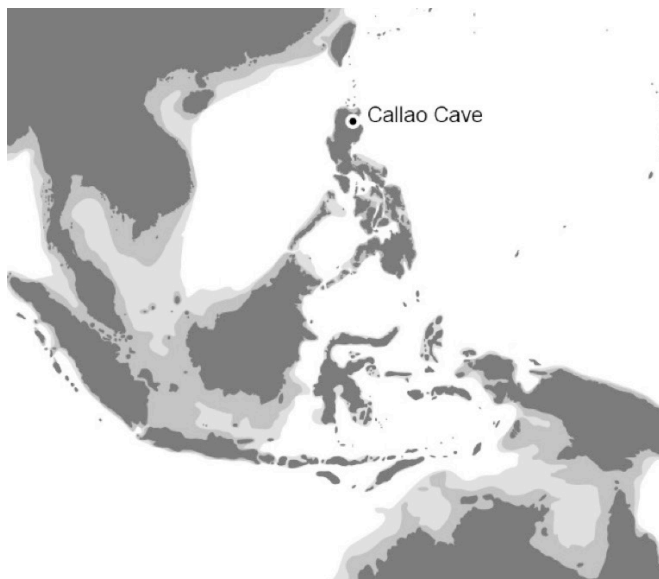
reconocer el mundo y el lugar que ocupan dentro de él, nos proporcionaría uno de los mayores deleites intelectuales que puedo imaginar.

El descubrimiento del hombre —o la mujer— de Luzón, incluso si solamente nos habla a través de unos pocos restos óseos, nos obliga, como lo hacen otras muchas razones, a cuestionar una vez más la irracionalidad, y la inhumanidad, de nuestras relaciones con los “otros”; las otras etnias, las otras razas o naciones o religiones. La existencia, si bien efímera, de otros humanos contemporáneos con nosotros pone en perspectiva el infructuoso debate sobre la existencia de razas entre los humanos. En efecto, los *Hobbits* de Flores y de Luzón, los Neandertales y los Denisovanos eran miembros de otras especies, pero fueron humanos. Seguramente no construyeron ciudades ni computadoras, pero fueron humanos. Los esfuerzos de los antropólogos nos van a regalar, no lo dudo, evidencia de que estos otros humanos también desarrollaron tradiciones culturales, que poseían pensamiento abstracto, que fabricaban herramientas y también artefactos simbólicos. No necesitamos nada más para reconocerlos como nuestros iguales, no deberíamos necesitar más para cobijarlos bajo nuestras leyes si estuvieran entre nosotros. Tampoco nos hace falta ningún argumento para abrazar de la manera más incluyente posible a todos, absolutamente a todos los humanos con los que sí compartimos este tiempo. En particular este tiempo, en el que los nacionalismos de todos los colores nos invitan a mirar solamente lo que pasa en el reducido, moralmente diminuto espacio de nuestra nación, etnia, religión o partido político, negando a todos los que no habitan ese lugar, la condición de “humano” que nos debería mover a hermanarlos. 🌍

Constantino Macías García. Obtuvo los grados de Licenciado en Biología y Maestro en Ciencias (Biología) en la Facultad de Ciencias de la UNAM, y el doctorado en Biología en la Escuela de Biología de la Universidad de East Anglia en Norwich, Inglaterra. Es Investigador de tiempo completo en el Departamento de Ecología Evolutiva.

Para saber más

- Détroit, F., A.S. Mijares, J. Corny, G. Daver, C. Zanolli, E. Dizon, E. Robles, R. Grün y P.J. Piper. (2019). A new species of *Homo* from the Late Pleistocene of the Philippines. *Nature* 568: 181-186 <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1067-9>
- Encarnacion, A.D.P. (2019). UP-led international team discovers new human species in the Philippines. *University of the Philippines*
- Fleming, N. (2019). Unknown human relative discovered in Philippine cave. *Nature News* <https://doi.org/10.1038/d41586-019-01152-3>
- Stoddart, C. (2019). These bones belong to a new species of human. *Nature video* <https://doi.org/10.1038/d41586-019-01150-5>
- Wade, L. (2019). New species of ancient human unearthed in the Philippines. *News from Science*.



Ubicación de la cueva en donde se encontraron los restos de *Homo luzonensis*.
Imagen: *University of the Philippines, Media and Public Relations Office.*

Cocodrilos de Sumatra: entre la caza furtiva, la deforestación y la expansión de la palma de aceite

Kyle J. Shaney

Durante el verano de 2015 visité los pantanos de Sumatra, Indonesia, para buscar una especie muy rara de cocodrilo, el llamado “falso gavial malayo” o *Tomistoma schlegelii* con el objetivo de conocer el estado de sus poblaciones y así buscar las alternativas para proteger a la especie. La razón principal por la que este cocodrilo está en peligro de extinción es la presión humana, especialmente la deforestación asociada a sus diversas actividades como la caza furtiva y la expansión de las plantaciones de la palma de aceite, *Elaeis guineensis*. En muchos lugares del mundo las plantaciones de palma están reemplazando los bosques tropicales y por eso representan un gran problema para proteger la biodiversidad.

Estuve trabajando en un área de Sumatra que aún está en muy buen estado de conservación: los pantanos están rodeados de árboles inmensos y abundan animales como monos, serpientes pitón y tigres, así como aves e insectos de todos los tamaños y colores. Una noche mi equipo y yo estábamos en una canoa flotando en el centro de un pantano y solo se escuchaba el festivo canto de las ranas y grillos. Pero al mismo

tiempo yo estaba ansioso, pensando en los cocodrilos que podrían estar escondidos bajo el agua y emocionado por la posibilidad de aprender algo de esta especie. La luna iluminaba el camino del pantano, íbamos en silencio y después de algunos minutos, vi el brillo de unos ojos rojos en el agua... ¡los ojos del falso gavial! Remamos rodeados de niebla hacia el cocodrilo, el cual seguía muy quieto en el agua. Nunca habíamos logrado capturar animales, así que, en esta ocasión, era muy importante tener éxito. Nuestra única intención era extraerle un poco de sangre para poder estudiar su ADN porque necesitábamos saber cuánta diversidad genética existe en la población. El cocodrilo era pequeño, de alrededor de 50 centímetros, y yo sabía que con un solo error o cualquier movimiento en falso desaparecería. Fue un momento muy importante para mí. Con toda mi atención y con el brazo extendido, esperé el instante perfecto, cuando estuviéramos muy cerca del cocodrilo... y entonces lo atrapé.

Fue una sensación increíble, era la primera vez que tenía en mis manos un animal de esta especie y me emocioné mucho. Este pequeño cocodrilo tenía la piel muy dura con figuras doradas, negras y café, pero también me enseñaba docenas de afilados dientes. Así es como empezó mi investigación sobre los cocodrilos de Sumatra.

Los cocodrilos de Sumatra

En Sumatra, una de las islas más grandes de Indonesia, en el Océano Pacífico, viven dos especies de cocodrilos: el cocodrilo marino (*Saltwater Crocodile, Crocodylus porosus*) y el cocodrilo de aguas oscuras, también conocido como falso gavial malayo (*False Gharial*). El cocodrilo marino vive desde Australia hasta la India. Puede alcanzar más de seis metros de largo y pesar casi una tonelada. Como a veces atacan a personas y, o a sus animales, la gente de Indonesia que vive cerca de los ríos, de los pantanos y del mar considera que son muy peligrosos. En contraste con la idea del peligro que representan, desde el punto de vista biológico son muy importantes por su papel como depredadores dentro de los ecosistemas, y económicamente representan una fuente de ingresos considerable por la venta de sus pieles. Pero aún falta mucha información sobre sus poblaciones, particularmente en Indonesia. Por lo tanto, necesitamos adquirir más conocimientos sobre ellos para esta-



Vista aérea de una plantación de palma de aceite y la selva aledaña en el poblado de Sentabai, Kalimantan del Oeste, Indonesia. 2017.
Fotografía: N. Sujana/CIFOR.



Buscando falsos gaviales en Sumatra, Indonesia. Verano de 2015.
Fotografía: K.J. Shaney.

blecer, conjuntamente con los pobladores locales, estrategias que les ayuden a manejarlos, e informarlos sobre cómo pueden coexistir con ellos de manera más segura.

La otra especie de Sumatra es nuestro cocodrilo de aguas oscuras o falso gavial malayo, que la gente de la Isla no considera peligroso y que en algunas localidades coexiste con el cocodrilo marino. El falso gavial malayo también puede llegar hasta los seis metros de largo, pero en contraste con el cocodrilo marino, prefiere vivir en los pantanos de aguas oscuras con baja salinidad, llamados *Peat swamps*, que se pueden traducir como “pantanos de turbera”. Estos se caracterizan por sus bajos valores de pH (4.5-4.8), son muy ácidos, y se encuentran en bosques tropicales inundables, con especies acuáticas particulares, muchas de ellas endémicas, como los sapos acuáticos *Pseudobufo subasper*. Los pantanos de turbera son ambientes muy importantes para su protección biológica. El cocodrilo de aguas oscuras juega un papel fundamental en los pantanos en los que vive ya que es uno de los mayores depredadores del ecosistema y es responsable del control de las poblaciones de sus presas. En el pasado la gente de Sumatra tuvo una relación más cercana con los cocodrilos. Obtuvo dinero procedente de su caza (más información más adelante) y desarrolló mitologías sobre el significado de la presencia de los cocodrilos en sus vidas. Pero esta relación se está perdiendo, especialmente en lugares donde los cocodrilos han desaparecido.

Aunque los cocodrilos de aguas oscuras fueron económica y culturalmente muy importantes para la gente de la

región, hay muy pocos estudios sobre la especie, y la mayoría son muy recientes, apenas de los últimos 20 años. Son considerados muy raros por la gente local e investigadores, y estos últimos estiman que sus poblaciones se están reduciendo rápidamente. En este momento la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) considera que la especie está en la categoría de “Amenazada en peligro de extinción” y se basa en una evaluación que se llevó a cabo en 2011. Hay tres niveles de categorías de amenazadas: Vulnerable, *Endangered* (en peligro) y *Critically Endangered* (en peligro crítico), y desde 2011 son considerados “Vulnerable” en toda su distribución. Por lo tanto, es imperativo actualizar la información sobre las poblaciones actuales y obtener nuevos datos sobre la ecología de esta especie en Indonesia para ayudar a protegerla y así también conservar todo el paisaje de la región.

Las presiones que impactan a la especie

Históricamente la relación entre de los cocodrilos y la gente de Indonesia ha sido complicada. Algunos cocodrilos cazaban a la gente, pero también la gente cazaba a los cocodrilos. Durante todo el siglo 19 y la mayoría del siglo 20, mucha gente de la región los cazaba para aprovechar sus pieles y para vivir de su comercio. Cada año se cazaban miles de ejemplares de ambas especies y sus pieles se vendían en todo el mundo para hacer ropa, zapatos y otros productos. Después de más de un siglo de cacería se hizo evidente que las poblaciones habían disminuido drásticamente.

Finalmente, en 1975, el gobierno de Indonesia y la CITES (la Convención Internacional para el Comercio de Especies en Peligro de Extinción) establecieron regulaciones y políticas para proteger a los cocodrilos y otras especies que eran cazadas y comercializadas. Sin embargo, la captura de



El falso gavial malayo enfrenta, como muchísimas especies del mundo, la transformación de su hábitat.
Fotografía: K.J. Shaney.





Piel de falso gavial secándose al sol. Históricamente mucha gente de Sumatra aprovechaba a estos animales para la manufactura de productos de distinto tipo. Fotografía: K.J. Shaney.

cocodrilos continúa de manera ilegal para el mercado negro en todo el territorio de Indonesia. Los cocodrilos desaparecieron principalmente por este motivo, pero también como consecuencia de efectos indirectos de las actividades humanas, como son la pesca con trampas en los ríos o la deforestación de la selva para la agricultura.

Sin embargo, el principal impacto negativo en sus poblaciones se debe a la reciente expansión del cultivo intensivo de la palma de aceite, ya que para sembrarla se deforestan los bosques tropicales y las selvas que rodean los pantanos. De hecho, casi el noventa por ciento de estos bosques de las tierras bajas de Sumatra se han desmontado entre 1900 y el día de hoy. La mayor parte de la superficie de la isla ahora está cubierta por plantaciones de palma de aceite y algunas otras plantaciones como el café y el árbol de hule.

Para proteger las especies de Sumatra de su extinción, mantener los ecosistemas viables y entender el estado de la biodiversidad de la región, es indispensable obtener más información sobre las poblaciones de las especies más importantes. Sin embargo, existen pocos estudios sobre el estado de conservación de los cocodrilos, y son aún más escasos los que se enfocan en nuestro cocodrilo de aguas oscuras —la especie más rara y en peligro de extinción—. Es obvio que en este momento ya no sobreviven muchos cocodrilos, pero incluso los biólogos no sabemos cuántos quedan en Sumatra. Con todo esto en mente, estudié los cocodrilos de Sumatra para así

conocerlos mejor y ayudar a entender toda la biodiversidad de la región.

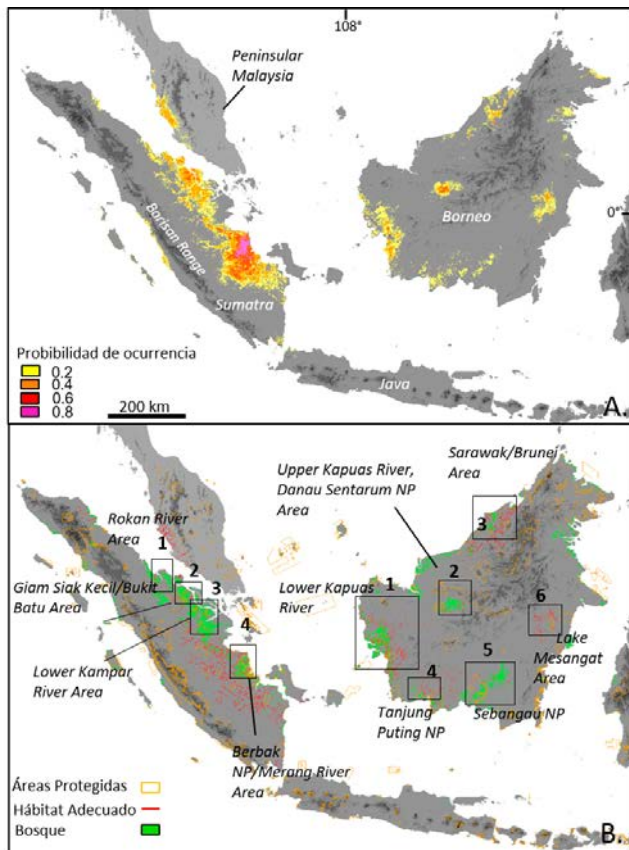
Nuestros estudios con los cocodrilos de Sumatra

Mi equipo y yo estuvimos en Sumatra estudiando a los cocodrilos por un total de cuatro meses divididos entre 2014 y 2015, durante los cuales muestreamos y obtuvimos datos de las poblaciones en cuatro localidades. Examinamos si la abundancia y la distribución de las dos especies estaba correlacionada con variaciones en las presiones como la pesca, la distancia de los ríos a las áreas con poblaciones humanas y el tipo de hábitat. Entonces, usamos esa información para estimar la distribución de los cocodrilos de aguas oscuras en su hábitat potencial en toda Indonesia. Registramos solo 15 individuos de falso gavial malayo y 41 de los marinos. Encontramos que la abundancia de ambas especies se correlaciona negativamente con la distancia a los asentamientos humanos y con la presión de pesca, es decir que las poblaciones son más pequeñas conforme se encuentran más cercanas a la actividad humana. También registramos la presencia del cocodrilo de aguas oscuras en el río Kerumutan, en el estado de Riau, en donde no había registros previos. Por lo tanto, logramos expandir la distribución confirmada de la especie y eso es importante porque ya sabemos que existe otra área en donde están sobreviviendo. Con nuestros estudios también podemos predecir que la especie será encontrada en otros lugares sin actividad humana, pero falta confirmarlo con más investigaciones de campo.

Con los datos de este estudio proponemos varias prioridades de conservación de los cocodrilos en Indonesia: 1. eliminar el uso de las trampas para peces, particularmente en los ríos de los bosques tropicales que todavía están bien conservados, 2. dar prioridad al levantamiento de censos (por parte de los científicos) sobre los cocodrilos en otras localidades y continuar las encuestas en los ríos previamente estudiados, 3. reconocer que los falsos gavial malayo están realmente en peligro de extinción en Sumatra y 4. recomendar que el gobierno considere expandir los límites de los parques protegidos en Sumatra, para así incluir a los bosques tropicales restantes, especialmente en la sección más baja del río Kampar y cercana a los Parques Nacionales de Berbak y Sembilang. También identificamos, mediante modelos obtenidos por computadora, la potencial distribución de la especie y los lugares más importantes para la conservación del falso gavial malayo, como mostramos en la figura 2. Nuestro trabajo fue publicado en la revista *Oryx*.

El futuro del falso gavial malayo

La caza furtiva y la expansión de las plantaciones de la palma de aceite son las mayores amenazas futuras para los cocodrilos de Indonesia. En este momento ya solo quedan algunos fragmentos del paisaje bien conservados y es muy importante



Se ilustran en blanco las áreas con el mejor hábitat para los falsos gaviales. También se muestran nuestros sitios de estudio, al igual que los nombres de lugares importantes para proteger a las poblaciones. Una versión de esta imagen fue publicada en la revista *Oryx*. Imagen elaborada por K.J. Shaney.

proteger estas selvas, ya que sin ellas el falso gavial malayo no podrá sobrevivir. Además, la protección de los bosques tropicales y de los cocodrilos va a ayudar a todas las otras especies de la región, muchas de ellas también en peligro de extinción. Los tigres, elefantes, monos, aves y plantas, todos dependen de la protección de los bosques tropicales y pantanos de Sumatra. Para lograr esta meta, necesitamos difundir la información sobre los desafíos de conservación de la biodiversidad. El futuro de la biodiversidad en Sumatra depende de la protección de la mayor cantidad posible de hábitat en toda la isla y otras de Indonesia. Necesitamos mostrar al gobierno de Indonesia, y a la gente de todo el mundo, la importancia de la biodiversidad de ese país, ya que estos bosques tropicales lluviosos son importantes para todos. Y algo que es muy importante señalar es que la historia de los cocodrilos de Indonesia y su conservación se puede aplicar directamente a la conservación de los animales de todo el mundo, incluyendo México.

Impactos similares en México

Hay similitudes entre la conservación de los cocodrilos de Indonesia y de México y lo aprendido en un país se puede

aplicar para proteger la biodiversidad en el otro. Las plantaciones de palma de aceite se están expandiendo a través de toda la América tropical, incluyendo a México. La mayor parte de esta palma de aceite cultivada en México se encuentra en Chiapas (79%) y el resto se cultiva en Veracruz (13%) y Campeche (8%). Estos estados aún tienen bosques tropicales en buen estado de conservación y son muy importantes para la biodiversidad de México. Pero si se continúa talando estos bosques y selvas para cultivar más palma de aceite, se irán reduciendo las poblaciones de muchas especies de animales y plantas de la región, incluyendo jaguares, pericos y águilas, y otras especies en peligro de extinción que necesitan un hábitat bien conservado para sobrevivir.

Adicionalmente, debemos mencionar que en México la caza ilegal de animales continúa a pesar de su supuesta protección. Por ejemplo, la revista *National Geographic* (en su versión en inglés) publicó un artículo sobre el transporte de especies silvestres entre México y los Estados Unidos (Deines 2017), donde se estima que cerca del 25% de los 50,000 envíos que fueron incautados en la frontera de los Estados Unidos entre 2005 y 2014 venían de América Latina. Muchos de estos animales provenían de poblaciones silvestres de México. Miles de reptiles, anfibios, aves y mamíferos son cazados por sus pieles, plumas y otras partes de sus cuerpos o por ser valiosos en el mercado ilegal de mascotas. Además, hay tres especies de cocodrilos en México, *Crocodylus acutus*, *Crocodylus moreletii* y *Caiman crocodylus*, que mantienen una “complicada” relación con la gente donde habitan, al igual que las personas y los cocodrilos de Indonesia.

En respuesta a estas presiones, la distribución de las especies de cocodrilos de México se sigue reduciendo cada año. Es claro que necesitamos proteger los bosques, las selvas y desiertos de México y a las especies que los habitan. Para hacer eso es crítico eliminar los cultivos intensivos, como el de la palma de aceite, la caza furtiva y detener la fragmentación del hábitat. Los últimos lugares salvajes de México valen más intactos que fragmentados. Ahora, el valor del *Carbon Stock* (la cantidad de carbono almacenada en un sitio en un momento específico) y el ecoturismo son opciones potenciales que la gente podría utilizar en lugar de obtener y comercializar aceite de palma. Para lograr este cambio hay opciones para pagar a la gente que se encuentra en la transición entre industrias insostenibles y sostenibles, como LIFEWEB. Sin embargo, en primera instancia, oficiales locales tienen que educar a las comunidades alrededor de la región con el propósito de que estas historias, ideas y conocimientos puedan ser transmitidos a la mayor parte de la población. 🌱

Agradecimientos

Muchas gracias a *National Geographic*, el IUCN *Crocodile Specialist Group* y *Tomistoma Task Force* por su apoyo. Nos ayu-

daron mucho la gente de las comunidades locales, el gobierno de Indonesia (RISTEK), la institución de ciencias de Indonesia (LIPI), los departamentos forestales de Jambi y Riau y el Parque Nacional de Berbak. También estoy muy agradecido con Katya Lucero Garza Villarreal y los editores de *Oikos=* por su ayuda para escribir este artículo.

Kyle J. Shaney. Es ecólogo y biólogo de la conservación. Actualmente es investigador posdoctoral en el Departamento de Ecología de la Biodiversidad del Instituto de Ecología, UNAM. Utiliza una combinación de herramientas geoespaciales y moleculares para responder preguntas relacionadas con la ecología y la biogeografía. Su investigación se puede aplicar en las áreas del manejo de fauna silvestre, conservación y restauración. Su trabajo lo ha llevado a Indonesia, Alaska, México y diversas regiones de Estados Unidos.

Para saber más

- Deines, T. (2017). Illegal wildlife trade booming across U.S. Mexico border. *National Geographic*. <https://on.natgeo.com/3iaX03M>
- LifeWeb *partnerships for financing biodiversity*. <https://lifeweb.cbd.int/share>
- Shaney, K.J., A. Hamidy, M. Walsh, E. Arida, A. Arimbi y E.N. Smith. (2017). Impacts of Anthropogenic pressures on the contemporary biogeography of threatened crocodylians in Indonesia. *Oryx* 53: 570-58. <https://doi.org/10.1017/S0030605317000977>
- Shaney, K.J., A. Hamidy, E. Arida, A. Arimbi, P. Sismanto, P. Erwan y E. N. Smith. (2016). *A report on the status of the False Gharial in Sumatra*. IUCN Crocodile Specialist Group.
- Uryu *et al.* (2008). Deforestation, forest degradation, biodiversity loss, and CO₂ emissions in Riau, Sumatra, Indonesia. *World Wildlife Fund Report*. <https://bit.ly/3yUt7KG>



Fotografías de falso gavial en la isla de Sumatra, Indonesia.
Fotografía: K.J. Shaney.

Murciélagos y SARS-CoV-2: preguntas y respuestas

Rodrigo A. Medellín

¿Qué evidencia existe de que el SARS-CoV-2 haya sido transmitido de un murciélago a un ser humano?

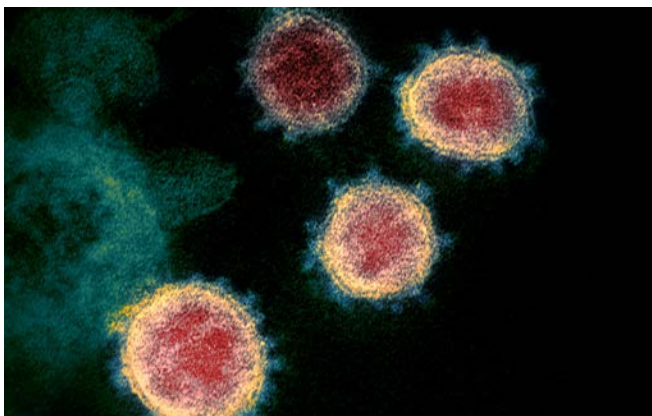
No hay ninguna evidencia que demuestre que un murciélago (u otro animal) haya infectado al primer ser humano con SARS-CoV-2.

¿Qué posibilidad hay de que el coronavirus de los murciélagos nos infecte a los seres humanos?

Aun si alguien hubiera puesto al coronavirus de los murciélagos (que tiene 96% de similitud con el SARS-CoV-2) en un humano cualquiera, éste no nos podría infectar porque la proteína S, es decir, la “llave que abre la cerradura de la puerta de la célula”, no es compatible con la membrana celular de los humanos y por lo tanto no puede entrar a nuestras células.

¿Cuál puede ser el origen zoonótico de este virus?

El número de seres humanos diagnosticados con COVID-19 ya pasa los cinco millones y sigue en aumento. TODOS son resultado de la transmisión de humano a humano, y solo uno, el primero, pudo haber sido infectado por algún animal, aún sin identificar. Los datos de este primer caso aún se desconocen. El virus SL-CoV de los murciélagos, el de los pangolines y las civetas comparten un ancestro en el pasado con el SARS-CoV-2.



Partículas virales de SARS-CoV-2 saliendo de una célula cultivada en el laboratorio y obtenida con un microscopio electrónico de transmisión. Se aprecian los picos que rodean al virus por los que recibe el nombre de coronavirus. Imagen del *National Institute of Allergy and Infectious Diseases*, EUA, via Wikimedia Commons.

¿Qué podemos hacer para prevenir próximas pandemias de origen zoonótico?

La primera línea de defensa contra la próxima pandemia es la conservación de los ecosistemas y dejar en paz a la biodiversidad. En ecosistemas conservados hay muchas especies de plantas y animales, y sus patógenos, pero viven todos en bajas densidades, es decir, están presentes pero diluidos y bajo control natural. Hay depredadores y competidores. Pero en ecosistemas fragmentados o deforestados o degradados, muchas especies desaparecen pero otras, las especies oportunistas (y sus patógenos), se convierten en súper abundantes, pues sus depredadores y competidores desaparecen. Así, los patógenos encuentran las condiciones ideales para causar brotes de sus enfermedades.

Para solucionar la pandemia por la COVID-19, ¿sirve de algo exterminar a cualquier murciélago?

Matar animales, murciélagos o pangolines o cualquier otro no resuelve ninguna pandemia. Regular y reducir el consumo ilegal, no sustentable, de carne de monte probablemente ayudará en algo a prevenir o mitigar en algo la próxima pandemia. Muchas especies de murciélagos juegan papeles indispensables para los ecosistemas de todo el mundo. Exterminarlos provocaría daños incalculables a la naturaleza y a nosotros mismos.

¿Cuál puede ser la solución desde la perspectiva del ciudadano común?

Urge reducir nuestro consumo de carne de animales domésticos. El hacinamiento de gallinas, pollos, cerdos, reses y demás crea condiciones ideales para la aparición de otras pandemias, como ha ocurrido en múltiples ocasiones con la influenza o gripe aviar. Debemos luchar para que los animales que consumimos vivan en condiciones más humanitarias y en densidades menores. La salud de ellos es nuestra salud. Además debemos erradicar el consumo no sustentable de especies silvestres, por ejemplo su tráfico ilegal como mascotas.

¿Qué papel deben jugar los gobernantes y tomadores de decisiones?

Esta es una severísima llamada de atención al mundo. Si no iniciamos ya las políticas públicas de desarrollo sólidamente basadas en el respeto al medio ambiente, si no detenemos la devastación

de los últimos sitios intactos de biodiversidad, las pandemias se multiplicarán. Es necesario desarrollar protocolos y políticas para proteger el medio ambiente. De hoy en adelante viviremos en una nueva realidad en la que los políticos ya no pueden debilitar más las políticas de protección del medio ambiente y la biodiversidad. Ahí radica la seguridad de nuestra salud para el futuro. Todos debemos exigir el fortalecimiento de estas políticas. El futuro depende de todos los ciudadanos.

¿Qué papel puede jugar la ciencia para enfrentar la pandemia por SARS-CoV-2 y aportar soluciones?

La ciencia siempre ha sido el mejor instrumento para mejorar la vida de todos y tener un desarrollo sustentable. Desde la energía eléctrica hasta los alimentos que consumimos y las medicinas que nos curan, son producidas por la investigación científica. Pero México se ha rezagado en ciencia y casi siempre tenemos que importar tecnologías de otros países que sí la consideran como una actividad prioritaria. Hoy por hoy, las soluciones a la pandemia vienen de científicos de otros países y los mexicanos tenemos que estirar la mano. Ya vimos lo que pasó con los respiradores que el CONACYT supuestamente iba a desarrollar...

¿Qué retos enfrenta la conservación para el futuro?

Los retos son muchos y graves pero estamos a tiempo de resolverlos. Por lo pronto hoy todos debemos exigir el respeto al medio ambiente sin tapujos, sin corrupción y sin anteponer intereses económicos insostenibles. La falta de recursos para la conservación es crónica en México. Por esa misma razón, faltan científicas y científicos que puedan dedicarse a esa actividad de tiempo completo. Llegó el momento de dejar los miles de millones dedicados a proyectos obsoletos y absurdos como la refinera y el aeropuerto y dedicarlos a apoyar la ciencia y a contratar nuevos talentos. Tenemos a muchos jóvenes desempleados con gran potencial para contribuir al beneficio de la ciencia y del cuidado de nuestro capital natural. 🌱

Rodrigo A. Medellín. Es investigador del Laboratorio de Ecología y Conservación de Vertebrados del Departamento de la Ecología de la Biodiversidad. Estudia la ecología y conservación de los vertebrados terrestres de México y de Latinoamérica. Su trabajo ha sido reconocido con numerosos premios nacionales e internacionales.

Para saber más

- Castro, M. (2020). Rodrigo Medellín sobre el COVID-19: Matar murciélagos no va a resolver nada. *National Geographic Latinoamérica*. 20 de abril, 2020. <https://bit.ly/3insOCD>
- Gómez Durán, T. (2020). En defensa de los murciélagos: resistentes a los virus, pero no a los humanos. *Coronavirus. Mongabay Latam*. 31 marzo 2020. <https://bit.ly/2RiE5cc>
- Radio UNAM. Programa Primer Movimiento. Mesa del día: Coronavirus, especies y conservación; conversamos con Rodrigo Medellín. Escucha a partir de 02:10:49. <https://bit.ly/3c7bHkb>



Vista aérea de una selva tropical en la zona del río Jamanxim en Novo Progresso, Pará, Brasil. Fotografía de Vinícius Mendonça - Ascom/Ibama via Wikimedia Commons.

El miedo no anda en burro, pero sí en coche. El perrito de las praderas y vehículos en su ambiente

Nathalie Cristina Sánchez Esparza

La presencia humana es difícil de definir por una sola característica. Cuando los humanos llegan a un área puede ser sólo de paseo, como una caminata por la montaña, hasta algo más grave, como la construcción de infraestructura urbana u otros cambios en el uso del suelo (cuando se tala un bosque o un área que se usa para sembrar maíz). Entonces los humanos representan un efecto grave, por la magnitud de su impacto en el ecosistema.

De los estímulos más comunes dentro de las áreas modificadas son las carreteras y caminos para el tránsito de vehículos motorizados, como automóviles, camiones o motocicletas. Aunque las carreteras se consideran básicas para el desarrollo económico, ya que permiten la movilidad de la población y facilitan las actividades económicas, por ejemplo el transporte de mercancía, hemos ignorado sus consecuencias para los ecosistemas donde se desarrollan. Según la investigación de Taylor y Goldingay del 2010, el método más común para medir el efecto de una carretera es contar las muertes provocadas por atropellos, dejando de lado otros impactos que puedan tener sobre el ambiente.

Pero investigaciones como la de Coffin en 2007 han demostrado que las carreteras podrían estar afectando la percepción de riesgo de muchas especies. Los caminos tienen un efecto barrera sobre algunas especies, lo que va aislando a sus poblaciones, interfieren con sus sistemas de comunicación y llegan a provocar un estado de estrés en los animales.



Perrito de la pradera en su madriguera, al lado de un camino en el ANP Llano de la Soledad. Fotografía: N.C. Sánchez Esparza. Octubre 2014.

El miedo

¿Cómo podríamos saber si los automóviles le están provocando miedo constante a una especie? Una propuesta es medir si ese estrés provoca miedo constante en los animales. A ese nivel de peligro percibido se le conoce como percepción de riesgo. Dependiendo de lo que vean a su alrededor y de las experiencias previas que hayan tenido, los animales pueden determinar cuál es su probabilidad de ser atacados por un depredador.

Esta percepción de riesgo no es algo exclusivamente humano. Estudios como el de Lima y Dill de 1990 mostraron que dependiendo de lo que un animal percibía en su entorno, éste modificaba el tiempo que dedicaba a alimentarse, así como el cuándo escapar hacia un refugio. Esto indicaba que muchos animales poseen la capacidad de evaluar su situación de peligro, pero en vez de evadir delincuentes, ellos huyen de algo peor: de los depredadores. La mayoría de las especies tuvieron que adaptarse para evitar ser cazados; igual que nosotros queremos detectar primero al asaltante para poder evadirlo, así los animales evolucionaron para detectar las señales de peligro, para evadir a los depredadores.

Igual que un humano miedoso es más precavido, así un animal con constante miedo tomará sus precauciones; se volverá más desconfiado con lo que se le acerque, ya sea su depredador o un humano. Tomando ventaja de esa paranoia, Ydenberg y Dill propusieron desde 1986 usar esa medida como indicador de miedo, y la llamaron “distancia de inicio de escondite”, la distancia que permite a un animal acercarse a un estímulo estresor (generalmente un humano), hasta que el primero emprende la huida. Dicho de otro modo: entre más asustado esté el animal, menos permitirá acercarse al estímulo.

¿Cómo saber si tienen miedo?

Con el fin de comprobar si los vehículos provocan un estado de miedo constante, estudié el miedo en el perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus*), una especie endémica del Noreste de México. En un estudio realizado por Shannon y colaboradores en 2014 se describió que parientes cercanos a esta especie de perrito, como el perrito de cola negra *Cynomys ludovicianus* (también presente en México), pasan más tiempo en la madriguera



Familia de perritos de la pradera (*Cynomys mexicanus*). Área Natural Protegida El Llano de la Soledad. N.L. Fotografía: R. E. Narváz Elizondo. Abril 2015.

cuando escuchan sonido de tráfico vehicular cerca de su colonia. Pasa algo similar con las aves, evitan zonas invadidas por el sonido de los automóviles.

En mi estudio medí en dos áreas la distancia a la que huyen los perritos de las praderas de un humano y las comparé entre sí. En un área, la presencia de los automóviles y camiones era constante, ya que una carretera atraviesa el hábitat del perrito. La otra área era una zona protegida, llamada Llano de la Soledad, en donde la presencia de vehículos era poco frecuente y no existen caminos pavimentados.

Al comparar la distancia de inicio de escondite de los perritos del Llano con la distancia de los perritos del área con paso más frecuente de vehículos no pareció que haya cambiado la percepción de riesgo del perrito de la pradera. Los perritos de las dos áreas parecen comportarse de la misma manera, ya que la distancia de huida es muy parecida entre las dos. ¿Entonces el perrito es inmune a los vehículos? No puedo afirmar esto. Sólo analicé la presencia de los automóviles y camiones como el factor estresante y de manera indirecta con la aproximación del humano; pero una carretera y caminos implican más factores por analizar: ruido de motores, gases expulsados de los escapes, verificar si los perritos

evitan acercarse al asfalto, entre otras muchas combinaciones que pueden afectar el estado fisiológico y determinar la variación de comportamientos de los animales de distintas especies.

Como comentario final, ¿de qué me hubiera servido saber si los perritos sienten más miedo? Me pareció que esta era una manera de establecer nuevos métodos para determinar el impacto de las actividades humanas sobre las especies. A medida que la población urbana se incrementa, también se irán extendiendo sus infraestructuras y su impacto ambiental, por lo que es necesario empezar a considerar que existen otros efectos dañinos sobre los animales, además del tradicional “si no está muerto, está bien”. Este conocimiento puede ayudar al diseño de carreteras más amigables con la fauna. Es indudable que el estrés provocado por el miedo constante, ya sea en humanos o en otros animales, tiene consecuencias para la salud, aunque tal vez más sutiles y a largo plazo. 🍌

Nathalie Cristina Sánchez Esparza. Es bióloga egresada de la UANL. Interesada en los mamíferos, la etología y la urbanización de las especies. Escritora y dibujante del blog de divulgación La Ardilla Parlante. Actualmente estudiante de primer semestre de la Maestría en Educación y Comunicación Ambiental en la Universidad de la Comunicación.

Para saber más

- Sánchez-Esparza, N.C. (2017). *Comportamiento de alerta del perrito de la pradera (Cynomys mexicanus) con respecto al tránsito de automóviles en Galeana, Nuevo León, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Nuevo León.
- Coffin A.W. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography* 15: 396-406.
- Taylor B.D. y R.L. Goldingay. (2010). Roads and wildlife: Impacts, mitigation and implications of wildlife management in Australia. *Wildlife Research* 37: 320-331.
- Ydenberg R.C. y L.M. Dill. (1986). The economics of fleeing from predators. *Advances in the Study of Behavior* 16: 229-249.

Adaptar la vegetación urbana de la Ciudad de México a las necesidades actuales. Una reflexión

Mónica Ballinas

Estamos viviendo una era donde ya se está tomando “en serio” la utilidad de la vegetación en la Ciudad de México (CDMX) para frenar los problemas que ha traído consigo el calentamiento global, el consecuente cambio climático global y también el aumento de la temperatura del aire en el área urbana. La gente ahora dice conocer muy bien los beneficios que la vegetación urbana puede tener; esta información seguramente es obtenida de los medios, principalmente de los periódicos y de la televisión, pero sobre todo muchas se informan a través de las redes sociales, que deben de ser utilizadas correctamente, con responsabilidad y criterio para evitar obtener información falsa o desfragmentada sobre el tema.

El gobierno de Claudia Sheinbaum Pardo tiene como objetivo encaminar a la CDMX hacia la sustentabilidad y para ello propuso una acción llamada Reto Verde. Este proyecto tiene como propósito principal sembrar más de 10 millones de árboles y plantas en los primeros años de su gestión en puntos estratégicos en la

ciudad; también propone una lista del tipo de vegetación que se plantará, dependiendo del área que se revegetará: suelo urbano, suelo de conservación o área natural protegida. Sin embargo, no se explica por qué fueron seleccionadas ciertas especies vegetales ni cómo es escogido “estratégicamente” un camellón, una avenida o un área de conservación. Este tipo de información no se encuentra en la página del Gobierno de la CDMX.

La sustentabilidad urbana

Si el gobierno de la Dra. Sheinbaum realmente trata de alcanzar la sustentabilidad en la CDMX (fecha de apoyo: 23 de septiembre de 2019), se requiere del implemento de los arreglos de vegetación considerando cuidadosamente las características de los árboles y demás plantas que se deben de sembrar en el ámbito urbano, para evitar “plantar por plantar”. Por ejemplo: en el caso de los árboles de Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), originarios de Australia, Víctor Barradas y yo, en el artículo *The Urban Tree as a Tool to Mitigate the Urban Heat Island in Mexico City: A Simple Phenomenological Model*, demostramos que es una especie de muy baja transpiración, por lo que no ayuda a disminuir la temperatura en el sitio en el que se planta. En el libro *Los árboles de la ciudad de México*, Lorena Martínez González y Alicia Chacalo también explican que con los vientos fuertes se pueden desenraizar y caer, puesto que sus raíces son poco profundas, llegando a provocar accidentes serios. El Gobierno del entonces Distrito Federal reporta en 2004 que además posee otras características, como la de no permitir el crecimiento de otras especies a su alrededor debido a la competencia por recursos como el agua. Si bien es cierto que esta especie se introdujo a la ciudad para solucionar problemas que se tenían en aquellos años (a finales del siglo XIX), tal como el “saneamiento” de la ciudad de las enfermedades palustres según lo relata Nina Hinke en *La llegada del eucalipto a México*, las experiencias y los conocimientos actuales permiten afirmar ahora que no hubo una buena planeación a largo plazo. Hoy ya no hay duda de que los eucaliptos no son una buena alternativa para reforestar ámbitos naturales en la Ciudad de México.

Por otro lado, en *Evaluación de Compuestos Orgánicos Volátiles en la Zona Metropolitana del Valle de México*, de Miguel Magaña y colaboradores explican que las diferentes especies arbóreas, y la vegetación en general, liberan compuestos orgánicos volátiles (COV) de manera natural que ahora se sabe reaccionan



Programa "Reto Verde" del Gobierno de la Ciudad de México. Imagen tomada del portal Ciudadano, 2020.



Especies analizadas para la alimentación del modelo físico-matemático-ecológico sencillo para la reducción de la temperatura urbana. Ilustraciones: CONABIO.

con los óxidos de nitrógeno emitidos por la combustión interna de los medios de transporte a gasolina y diesel y que combinados con altas intensidades de radiación solar producen ozono (O_3). Este último compuesto es un gran problema urbano ya que provoca enfermedades respiratorias e irritación ocular (por ejemplo, véase la NOM-020-SSA1-2014), y Erik Mata reporta en su tesis de maestría [Respuesta fotosintética de especies arbóreas al microambiente urbano](#) que en el medio ambiente daña la composición de la planta. Aunque hay árboles que son capaces de retener ciertos contaminantes atmosféricos, de las 47 especies que se mencionan en la Lista de plantas para revegetación en el Suelo Urbano de la Ciudad de México, disponible en el portal ciudadano del gobierno de la ciudad por ejemplo, de acuerdo a la clasificación de Servicios Ambientales de la SEMARNAT de 2004, los ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*), los sicomoros (*Platanus occidentalis*), las acacias (*Acacia baileyana* y *A. melanoxylon*), las palmas (*Washingtonia robusta* y *Phoenix dactylifera*), los encinos (*Quercus virginiana* y *Q. rugosa*), las magnolias (*Magnolia grandiflora* que por cierto, en la avenida Revolución estos árboles se encuentran en muy malas condiciones), las astronómicas (*Lagerstroemia indica*), los árboles de orquídeas (*Bauhinia monandra*) y los cacahuates (*Ipomoea muruco*), todos ellos preciosos desde el punto de vista estético, pero solamente algunos como el fresno (*Fraxinus uhdei*) o las jacarandas (*Jacaranda mimosifolia*), podrían proporcionar el servicio ambiental, o ecosistémico, de disminuir la temperatura y de absorber ciertos contaminantes atmosféricos, y en las demás especies sería cuestión de conocer su área foliar para poder determinar su papel ambiental. De estas especies, por ejemplo, el árbol del níspero (*Eriobotrya japonica*) cabría más en los “servicios de provisión” por ser frutal. Los demás encajarían más como “servicios culturales”, puesto que se vinculan más al embellecimiento de la ciudad, es decir, no contribuyen con un potencial alto de purificar el aire, ni para mitigar más eficientemente el calor urbano. Realmente no satisfacen el aspecto de “sustentabilidad” que le interesa promover al gobierno capitalino.

Investigación sobre vegetación urbana

En la investigación que realicé con Víctor Barradas, *The Urban Tree as a Tool to Mitigate the Urban Heat Island in Mexico City*, analizamos cuatro especies vegetales muy frecuentes en la Ciu-

dad de México: liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*, especie nativa), fresno (*Fraxinus uhdei*, especie nativa), trueno (*Ligustrum lucidum*, especie introducida) y eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*, especie introducida), en la cual construimos un modelo físico-matemático-ecológico sencillo que se enfoca en la reducción de la temperatura del aire urbano a través del incremento de la cobertura vegetal. El modelo arrojó que en un sitio de una hectárea con las características urbanas de la zona de la colonia Escandón, para reducir la temperatura del aire 1 °C es necesario un arreglo de 17 árboles maduros de trueno, mientras que se necesitan 8.6 fresnos, 16.2 liquidámbaros o 42.9 eucaliptos. Como podemos ver, una vez más el eucalipto es la especie menos eficiente por su potencial de enfriamiento.

Reflexión

Por las razones que expongo, hago hincapié en que para plantar un árbol en la ciudad es necesario conocer, en primera instancia y además a profundidad, algunas de las propiedades fisiológicas de la vegetación. Una cualidad que se debe buscar primero es que las especies cuenten con 60% de “funcionalidad” al ser “sumideros” del calor, para que den el servicio de refrigerantes urbanos (Dr. Víctor Barradas, comunicación personal). Plantar por plantar, solo por estar a la moda o para decir que se está contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los habitantes en la ciudad, ya no es viable porque no todos los árboles sembrados contribuyen a cumplir con el objetivo de “sostenibilidad”. La vida de los árboles, que son los que juegan el papel biológico más importante en el ámbito urbano, es de muchos años, por lo que al sembrarlos es necesario contemplar una acción encaminada a que ayuden a la mitigación del calentamiento global y del cambio climático. Es importante entender que los problemas de una ciudad, aparentemente locales, pueden volverse de carácter global puesto que la atmósfera es una entidad abierta.

Sumidero: es un cuerpo que va a ser el receptor final de un compuesto.

REFRIGERANTES URBANOS

Más de Pulmones Urbanos o áreas verdes

El efecto *Isla de Calor Urbana* produce mecanismos que influyen directamente en la contaminación de la atmósfera urbana y a su vez, contamina su coincidencia con el área rural.

Durante el día, los materiales urbanos como: cemento, asfalto, adoquín, etc., se calientan más lentamente, mientras que en la noche se enfrían más lentamente que la tierra desnuda o superficies con vegetación.

La *Isla de Calor Urbana* es una entidad discreta con fronteras que las separan de sus alrededores por gradientes de temperatura llamados *Gradientes Térmicos Horizontales y Superficiales* (GTHS).

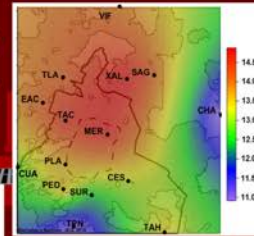
Origen y efectos de la *Isla de Calor Urbana*:

Las capas elevadas de humo, vapor de agua, monóxido de carbono y dióxido de azufre actúan como gases de efecto invernadero reteniendo el calor.

El calor generado en las fábricas o en las casas también contribuye a levantar la temperatura urbana.

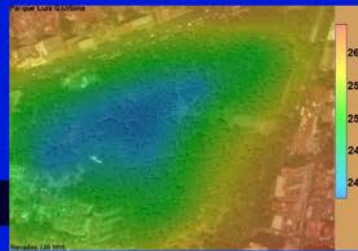
En ciudades con muchos edificios, se incrementa la llamada turbulencia mecánica. Esto causa temperaturas bajas en las horas diurnas, y temperaturas altas en las nocturnas.

Debido a la naturaleza lisa de las superficies de las ciudades, la lluvia fluye rápidamente por techos, paredes y calles pavimentadas hasta el drenaje, acarreado un cambio hidrológico y muy poca evaporación superficial.



La *isla de Calor Urbana* en la Ciudad de México en mayo 2009 a las 6 de la mañana.

La vegetación urbana en general y los árboles en particular, pueden mitigar la *Isla de Calor Urbana* pues al transpirar, absorben hasta 540 calorías por cada gramo de agua que transpiran.



Por ejemplo, la vegetación del Parque Hundido de la Ciudad de México es capaz de reducir la temperatura del aire hasta 2.5 °C, creando islas frías y más confortables.

Se necesitan 17 árboles grandes por hectárea de *Liquidambar styraciflua* para reducir la temperatura del aire 1 °C, pero con 26 árboles por hectárea de fresno (*Fraxinus uhrderi*), la temperatura se reduce 2 °C. Mientras que con 48 árboles por hectárea de *Ligustrum lucidum* (trueno), la temperatura se reduce 3 °C.

¿Qué hacer?

Diseñar arreglos de árboles para la mitigación de la *Isla de Calor Urbana*.

Escoger y sembrar los árboles con más potencial transpiratorio.

Diseño gráfico, edición y textos: María Luisa Barradas
 Coordinación científica: Dra. Clementina Equihua
 Asesoría científica: Dr. Víctor L. Barradas



Refrigerantes urbanos. Infografía: M. L. Barradas.

Con las investigaciones que se han llevado a cabo con respecto a la vegetación urbana, por ejemplo *Los pulmones urbanos* de Barradas y J-Seres de 1988, *Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in tropical city* de Jáuregui de 1990, es muy cierto que las plantas pueden ser un sistema de mitigación tanto de contaminantes atmosféricos como de calor, y también que pueden ser proveedoras de otros servicios ecosistémicos. Teniendo en cuenta ambas propiedades para seleccionar y sembrar las especies adecuadas, verdaderamente lograremos encaminarnos hacia una ciudad sustentable. Esto se logrará si y solo si se aprovecha la información científica estableciendo una relación productiva entre la Academia y el Gobierno de la CDMX, para así garantizar que nuestro medio ambiente urbano realmente mejore hoy y para las futuras generaciones. 🌱

Mónica Ballinas. Es asistente de investigación del Instituto de Ecología de la UNAM en el Laboratorio Interacción Planta-Atmósfera. Realizó su licenciatura en la Universidad Veracruzana en la carrera de Ciencias Atmosféricas. Es maestra y doctora, por la UNAM en el Posgrado en Ciencias de la Tierra. Su línea de investigación es bioclima urbano, así como aspectos de microclimatología en el ámbito del cambio climático.

Para saber más

- Bardón, R., E. Cámara, P. Cervigón, T. López, M.A. Ribes y F. Fuster. (2019). *Sistema de vigilancia e información del ozono troposférico* 2018. REMASP 1: 1-3.
- Barradas, V.L. y J-Seres, R. 1988. *Los pulmones urbanos*. Ciencia y Desarrollo. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, número 78, año XIII. ISSN 085-000-8
- Criollo, C., R. Assar, D. Caceres y M. Prendez. 2016. Arbolado urbano, calidad del aire y afecciones respiratorias en seis comunas de la provincia de Santiago, Chile. *Revista chilena de enfermedades respiratorias* 32: 77-86. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482016000200003>.
- Hinke, N. (2000). La llegada del eucalipto a México. *Revista Ciencias* 58: 60-62.
- Magaña Reyes M, Hernández Flores AL, González Vargas S, Cárdenas González B. (2015). *Evaluación de Compuestos Orgánicos Volátiles en la Zona Metropolitana del Valle de México*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). México. 77 pp.
- Martínez, L. y A. Chacalo. 1994. *Los árboles de la ciudad de México*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Universidad de Texas, pp. 351. ISBN 9706205918, 9789706205919
- SEMARNAT 2003. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. Introducción a los servicios ambientales. ISBN 968-817-596-X
- Secretaría de Medio Ambiente, Dirección General de Servicios Urbanos, Delegaciones Políticas del Distrito Federal, Compañía de Luz y Fuerza del Centro. 2004. *Restauración de áreas verdes del Distrito Federal, informe de avances del programa de sustitución de eucaliptos en condición de alto riesgo*. <https://bit.ly/2TCS4J>

La abeja maya

Melipona beecheii Bennet

Es una abeja dócil y social que vive en colonias en troncos huecos, llamados jobones. Estas estructuras son manufacturadas desde la época prehispánica. No pican porque su aguijón está atrofiado y se defiende por mordiscos en la piel arrancando pelo; se mete en los ojos, nariz y orejas del intruso y puede llegar a expulsar sustancias ácidas.

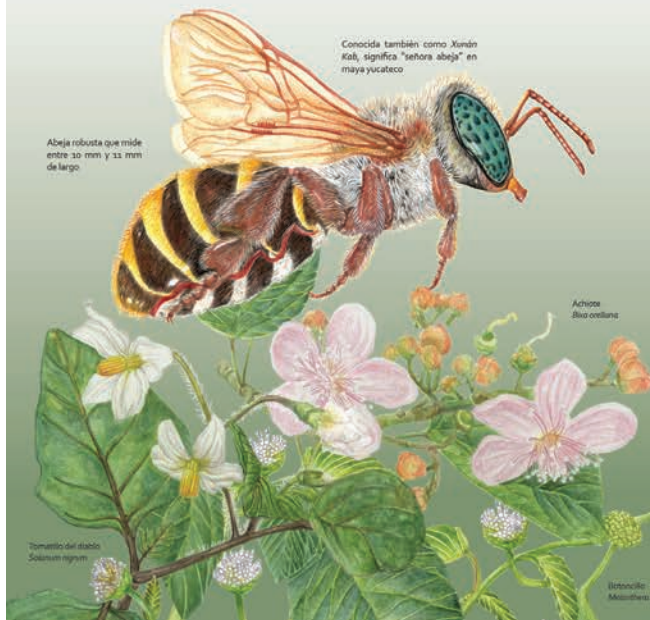
¿Dónde vive?

Esta especie vive en la Península de Yucatán, y se distribuye en las zonas costeras de México, desde Veracruz por el Golfo hasta Jalisco y Michoacán por el Pacífico.



Mensajeras de las plantas

Poliniza del 30 al 40% de las especies vegetales de los ecosistemas en donde vive, lo que señala su vital importancia para el mantenimiento y sobrevivencia de las selvas tropicales. Poliniza plantas como: achiote, botoncillo, framboyán, chile habanero y tomatillo del diablo, entre otras.



La veneración de la *Xunán Kab*

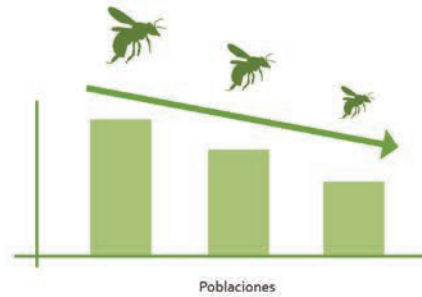
En el Códice de Madrid hay registros de la domesticación y crianza de ésta por parte de los antiguos mayas en jobones resguardados por el dios de la miel *Ah Muken Kaab*.

La miel para los mayas era y es apreciada por sus cualidades curativas y nutricionales.



Las consecuencias...

Sin duda alguna se daría la extinción de la abeja maya así como la desaparición de plantas silvestres y además el desequilibrio ecológico en los trópicos.



La amenaza de la abeja maya

Las siguientes actividades han provocado el descenso de la población de las abejas mayas.



CUIDEMOS A LA ABEJA MAYA

Para evitar la pérdida de estas abejas:

1. No dañes sus colmenas o nidos.
2. Cultiva en macetas o jardines las plantas nativas que polinizan.
3. Prefiere no usar plaguicidas.
4. Apoya las áreas naturales protegidas que permitan la crianza y explotación de la *Xunán Kab*.
5. Impulsar la idea de que la abeja maya es un polinizador importante para mantener la biodiversidad y equilibrio en las selvas tropicales.

Diseñadora e ilustradora: Melanie Celeste Cirigo Jiménez.

Melanie Celeste Cirigo Jiménez. Estudió Diseño y Comunicación Visual con orientación en la ilustración en la Facultad de Artes y Diseño (FAD) de la UNAM. Le interesa realizar ilustración científica para la difusión y divulgación de la ciencia. En 2017 participó como becaria en el Jardín Botánico del Instituto de Biología UNAM y ha participado en exposiciones colectivas con la temática de ilustración científica.