

Mercurio



Volante



EL LENGUAJE SECRETO de las especies



- ¿POR QUÉ MORIMOS?
- SOMBRAS Y ALGO MÁS
- PERIODICIDADES
- AVENTURAS DEL MAESTRO RONCADOR
- LOS CANES Y NOSOTROS
- HOMO SUM



¿POR QUÉ MORIMOS?

Gerardo Herrera Corral

“Tenemos los días contados”, es una frase tan dramática como conocida. Un recordatorio trágico que encuentra su origen en el libro bíblico de Job, donde éste se lamenta ante Dios por el castigo inmerecido y reflexiona sobre lo efímero que es la vida, “como una flor que se abre y luego se marchita; pasa y desaparece como una sombra”.

Es entonces que el atribulado creyente piensa en los seres humanos diciendo:

“Ciertamente sus días están determinados, y el número de sus meses está cerca de ti: le pusiste límites de los cuales no pasará” Job 14:5

Leonard Hayflick encontró ese límite y el número de sus días. Los contó con cuidado y contó los meses de cada uno de nosotros; aguardó paciente la llegada de la última salida del sol y la luz de ese día se deslizó despacio por las rendijas de su casa en Sea Ranch, California, el pasado 1 de agosto.

Hayflick murió este año a los 96 años después de hacer grandes contribuciones a la medicina y la biología, criticando los deseos de la gente que desea extender sus vidas y recordando que “envejecer no es una enfermedad”.

Antes de Hayflick todos pensaban que las células somáticas en cultivo eran inmortales. Se pensaba que las células vivirían para siempre reproduciéndose una y otra vez si el medio que las sustentaba les proporcionaba las condiciones necesarias. Esa existencia interminable y optimista dejó de ser el paradigma de la biología cuando en 1965 Leonard Hayflick mostró que las células no pueden dividirse sin fin.

Hay un número fijo de veces en que se pueden duplicar, envejecen reflejando el proceso de senectud de los organismos que conforman.

Es gracias a su trabajo que sabemos del número máximo de ocasiones que una célula se puede escindir generando otra, y es para recordar el hallazgo, que nos referimos a él como “Límite de Hayflick”.





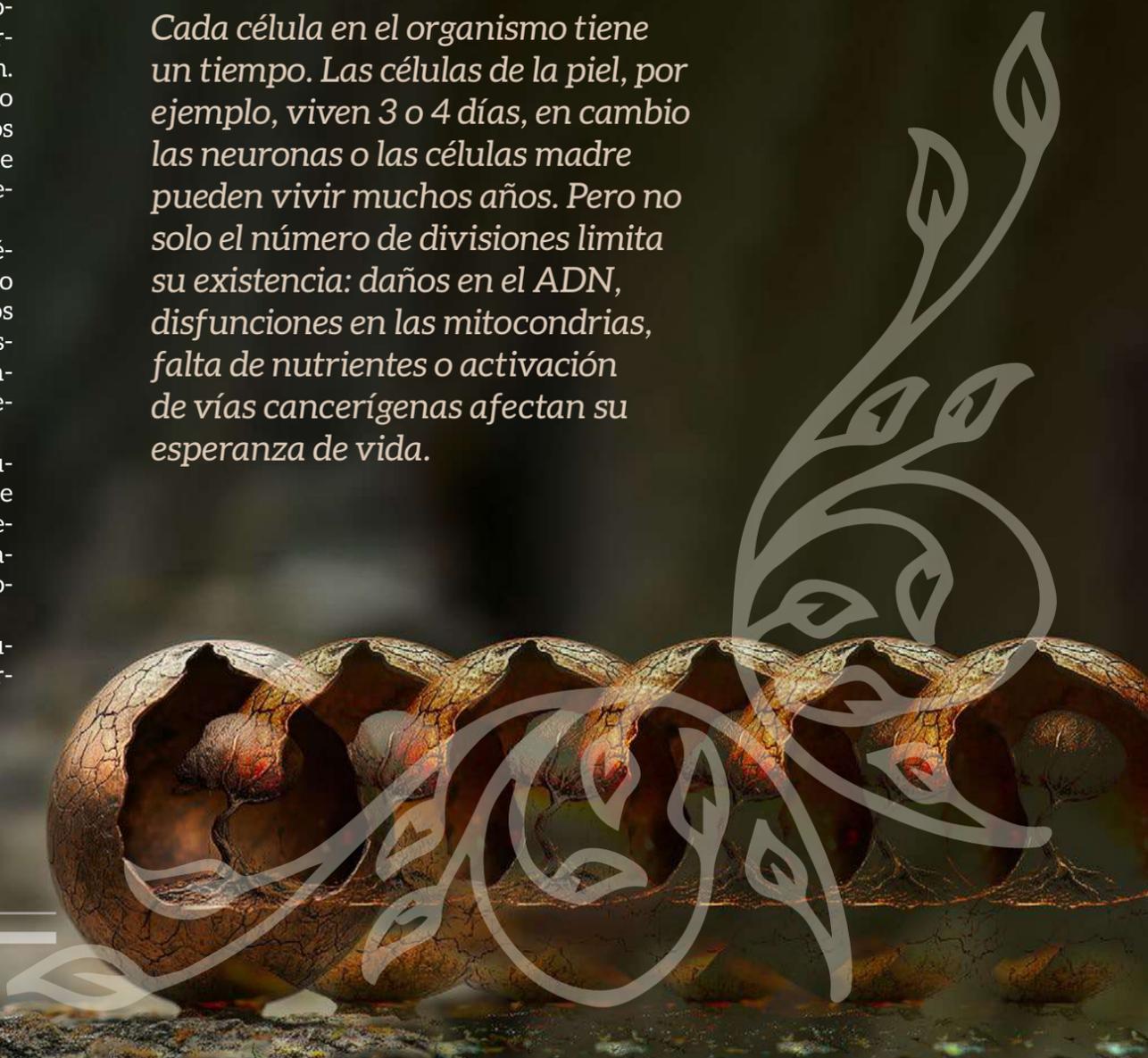
Las células se dividen unas 50 veces antes de entrar en su etapa final y con cada una de las divisiones los telómeros se acortan. Los telómeros son los extremos del ADN que enrollados en los cromosomas funcionan como protectores estructurales; actúan como las filetas de los cordones para el calzado que evitan que éstos se deshilachen. Los telómeros son segmentos repetitivos del ADN que no codifican. Están situados en el borde de las hebras de los nucleótidos y se van acortando cada vez que la célula se reproduce de manera que, son la memoria que guarda registro del tiempo transcurrido en la vida.

Cada célula en el organismo tiene un tiempo. Las células de la piel, por ejemplo, viven 3 o 4 días, en cambio las neuronas o las células madre pueden vivir muchos años. Pero no solo el número de divisiones limita su existencia: daños en el ADN, disfunciones en las mitocondrias, falta de nutrientes o activación de vías cancerígenas afectan su esperanza de vida.

Agentes químicos, radiación externa, etcétera, son muchos los factores que definen el número de días. El límite de Hayflick no necesariamente llega porque antes aparecen contingencias, eventos azarosos circunstancias desafortunadas. Con todo esto, no siempre, pero sí a veces, podemos añadir unas horas al curso de nuestra existencia.

¿Por qué morimos? Es una pregunta tan vieja y acuñada como el desasosiego eterno, los deseos de inmortalidad y el anhelo constante por existir.

Cada célula en el organismo tiene un tiempo. Las células de la piel, por ejemplo, viven 3 o 4 días, en cambio las neuronas o las células madre pueden vivir muchos años. Pero no solo el número de divisiones limita su existencia: daños en el ADN, disfunciones en las mitocondrias, falta de nutrientes o activación de vías cancerígenas afectan su esperanza de vida.



La respuesta debe encontrarse en los estudios detallados de la actividad celular y molecular, en la longitud de los telómeros, en la metilación del ADN, en el momento de la apoptosis, la senescencia celular o en el límite de Hayflick.

Una de las posibilidades que los especialistas investigan tiene que ver con los mecanismos de reparación que las células implementan para reconstruir las fallas durante el proceso de replicación del ADN.

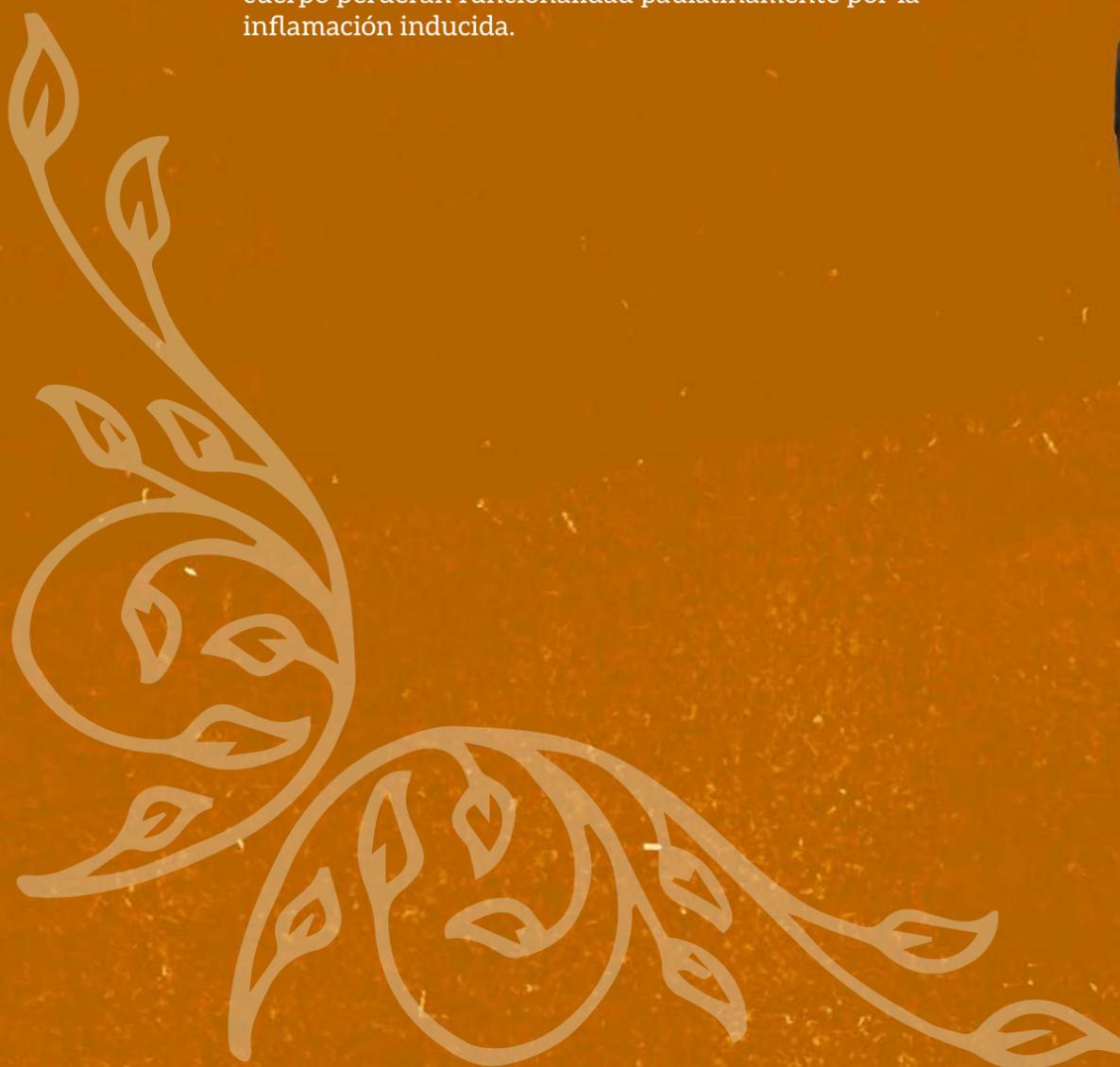
Estos actúan con limitaciones e ineficiencias. El sistema de reconocimiento, corrección y eliminación de daños no siempre consigue su cometido con la perfección deseada y entonces el tiempo actúa sin ambages acumulando pequeños desaciertos.

También sabemos de la existencia de reacciones químicas mediante las cuales una molécula metilo se une a las bases del ADN silenciando así la expresión genética de aquellos fragmentos que son problemáticos.

Este proceso es una modificación química del ADN que eventualmente se conserva cuando las células se dividen reproduciéndose. Las moléculas metilo funcionan como etiquetas químicas unidas a sitios particulares que evitarán la producción de proteínas que esa región del ADN codifica.

Metilación, como se da en llamar a este proceso, es también una reacción a factores epigenéticos que avanza y acabará por definir nuestro destino. La muerte puede pasar por la inflamación generalizada que ocasionan las células senescentes. Éstas producen citoquinas y si no ocurre otra cosa algunos órganos del cuerpo perderán funcionalidad paulatinamente por la inflamación inducida.

Sabemos de la existencia de reacciones químicas mediante las cuales una molécula metilo se une a las bases del ADN silenciando así la expresión genética de aquellos fragmentos que son problemáticos.



Prolongar la vida y acabar con los molestos efectos del envejecimiento, comprender cómo nos deterioramos quizá permitirá un día que todos muramos jóvenes. Con esto seguramente también perderemos el privilegio de envejecer, de vernos distintos al espejo y encontrar la paz que nos permite apreciar la belleza de la vida con mayor intensidad.

Por ahora ya es impresionante lo que se ha avanzado en la comprensión de los mecanismos que provocan la apoptosis o muerte celular y las ideas que se proponen para controlarla.

Y, no obstante, el momento irreversible y crucial “en que la función del sistema cardiorrespiratorio o de todas las funciones del encéfalo terminan”, el fin de nuestro tiempo, sigue siendo un misterio.

El límite de Hayflick seguido del acortamiento gradual de los telómeros parecen recordar de nuevo a Job cuando decía: “Las piedras se desgastan con el agua impetuosa, que se lleva el polvo de la tierra”.

Cuando se le preguntó a Leonard Hayflick por qué morimos, su respuesta fue contundente: “solo hay una causa de muerte, la edad, algo que no puede remediarse”.

Prolongar la vida y acabar con los molestos efectos del envejecimiento, comprender cómo nos deterioramos quizá permitirá un día que todos muramos jóvenes. Con esto seguramente también perderemos el privilegio de envejecer, de vernos distintos al espejo y encontrar la paz que nos permite apreciar la belleza de la vida con mayor intensidad.



***GERARDO HERRERA CORRAL**
Físico de la Universidad de Dortmund y del Cinvestav, es líder de los latinoamericanos en el CERN. Ha escrito diversos libros, entre ellos *Dimensión desconocida. El hiperespacio y la física moderna (Taurus, 2023)* y *Antimateria. Los misterios que encierra y la promesa de sus aplicaciones (Sexto piso, 2024)*.



REFLEXIONES

ROSALÍA PONTEVEDRA

Atender el fenómeno físico que llamamos sombra es algo tan antiguo como nuestra capacidad misma de observación. Las sombras son esclavas del imperio de la luz y se desvanecen a su capricho. En su fugaz acontecer pueden dejar en nuestra imaginación la forma de un conejo en la superficie lunar, dependiendo de dónde estemos situados en tierra, o la de un fantasma amenazante en el contorno de un árbol.

La luz está hecha de fotones que, al tropezar con cuerpos más o menos sólidos, provocan la existencia de regiones oscuras, pues sabemos que los rayos luminosos solo siguen trayectorias rectilíneas. Es curioso descubrir que en la región donde se extiende nuestra sombra, ausente de fotones, la presión de radiación es menor a la que habría si no estuviéramos allí, bloqueando el paso de la luz.



Quando estamos iluminados ejercemos una fuerza mayor que cuando estamos a oscuras, ya que a la fuerza de nuestro cuerpo hay que sumarle el momento transferido por los fotones que chocan contra nosotros. Esto nos permite deducir que, cuando un cuerpo u objeto está iluminado, pesa un poco más.

En el fondo de una sombra hay una relación de distancias, inclinaciones, volúmenes, factores válidos tanto para una linterna que proyecta su luz sobre un vaso acostado como para las estrellas que arrojan sus partículas luminosas hacia diversos cuerpos que pueblan el universo.

Todo proyecta sombra excepto la propia luz. Incluso los astrofísicos hablan de la sombra de un hoyo negro. En este extraño objeto **cósmico**, el llamado horizonte de sucesos captura los miles de millones de fotones que pasan a través de él, de manera que el espacio-tiempo distorsionado que lo rodea hace que la luz se redirija mediante un efecto de lente gravitacional. Estos dos efectos producen una zona oscura, una especie de sombra de dicho horizonte. Su tamaño puede llegar al doble de la superficie real del agujero negro.

Más allá de comprender la relación entre dos fenómenos indisolublemente unidos, luz y sombra, en la práctica de la **sombreología** el creador se enfoca en encontrar maneras ingeniosas de proyectar, de manipular su fuente luminosa hacia objetos diversos en busca de una sombra antropomorfa para crear así una viñeta, una caricatura que habrá de ser fotografiada.



ROSALÍA PONTEVEDRA
Escritora de ciencia, radica en Madrid.



PERIODICIDADES

ELÍAS MANJARREZ

*El tiempo es mudo, escurridizo.
Se esconde en el silencio de las
periodicidades.*

*A veces lo vemos pasar tímido en
los espejos, pero el día y la noche lo
delatan.*

La Tierra gira, y en ese movimiento vemos el despliegue del día y la noche. El planeta se traslada alrededor del sol, y percibimos las estaciones del año. También hay periodicidades menos visibles que acontecen más lentamente, como las eras glaciares, el cambio climático, o la mortalidad por contagios durante las pandemias. A este último tema regresaré al final.

Entre las periodicidades más visibles están los ritmos biológicos que experimentamos en nuestro día a día, como cuando vamos a dormir y despertamos, o sentimos hambre o sed. Las plantas, los animales y los seres humanos compartimos ritmos internos que varían al compás de la rotación terrestre. Nuestras células se amoldan a esa cadencia de 24 horas, conocida como "circadiana", del latín *circa*, "alrededor", y de *diem*, "día".

La Tierra ya giraba antes de que surgiera la vida, y las células primitivas tuvieron que adaptarse a esa danza constante. A nivel molecular, los genes, esos pequeños fragmentos de ADN (véase artículo previo¹), aprendieron a moldearse y a instruir a sus descendientes durante millones de años en el arte de llevar el tiempo como un reloj interno de 24 horas.

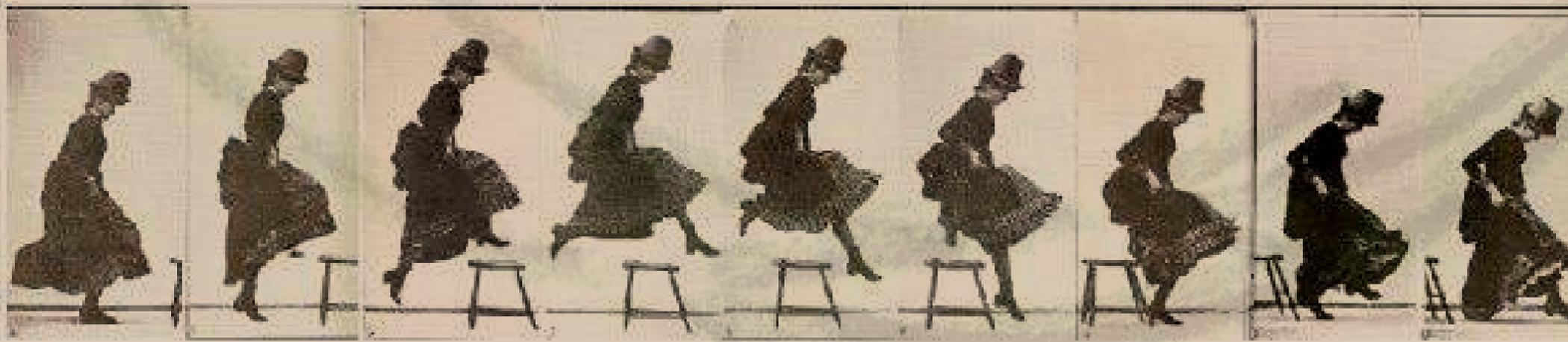


En 1729, el astrónomo francés d'Ortous de Mairan observó un fenómeno intrigante en una planta *Mimosa pudica*: cada noche, las hojas se cerraban, y al amanecer, se abrían. Sin embargo, cuando la colocó en un cuarto oscuro, la planta mantuvo su ciclo. Así concluyó que una entidad viva como la *Mimosa* poseía su propio reloj biológico, independiente de los cambios en la luz solar.

En el año 2017, los científicos estadounidenses Hall, Rosbash y Young recibieron el premio Nobel de Fisiología o Medicina por su investigación de los genes asociados a los ritmos circadianos. En su primer estudio, en las moscas de la fruta, encontraron un gen al que llamaron "periodo", el cual controla cíclicamente la producción de una proteína que denominaron "PER", la cual se acumula en las células durante la noche y se degrada durante el día. Ello reveló los mecanismos moleculares que controlan este reloj genético de 24 horas en humanos y otros organismos multicelulares.

Hall y Rosbash encontraron que el incremento en los niveles de la proteína PER bloquea la actividad del gen "periodo", como en un circuito de retroalimentación inhibitorio, y de manera cíclica auto sostenida. Posteriormente, Young descubrió otro gen, al que llamó "timeless" o "perpetuo", el cual produce una proteína a la que denominó TIM; ésta se une a la proteína PER.

Hall y Rosbash encontraron que el incremento en los niveles de la proteína PER bloquea la actividad del gen "periodo", como en un circuito de retroalimentación inhibitorio, y de manera cíclica auto sostenida. Posteriormente, Young descubrió otro gen, al que llamó "timeless" o "perpetuo", el cual produce una proteína a la que denominó TIM; ésta se une a la proteína PER.





Ahora sabemos que ese reloj, hecho de genes de la familia PER y de otros genes similares, funciona automáticamente y ayuda a regular los patrones de sueño, alimentación, liberación hormonal, presión sanguínea y temperatura corporal. Es por ello que un desfase crónico entre el periodo de sueño y el ritmo dictado por el reloj genético puede incrementar el riesgo de estrés oxidativo y la aparición de diversas enfermedades, incluido el cáncer.

Otra periodicidad que surge de la rotación y traslación de la tierra alrededor del sol es la oscilación cíclica de la temperatura en la superficie terrestre, por lo que no solo los seres vivos tienen ritmos circadianos, sino que

la tierra también experimenta sus propios ciclos térmicos. Por lo tanto, una afectación de ambas oscilaciones periódicas puede llevar a estados de disfunción de los organismos celulares o del planeta. La fragilidad humana comparte, así, mucho con la del planeta que habitamos.

De hecho, en el año 2021 el japonés Manabe y el alemán Hasselmann recibieron el premio Nobel de Física por demostrar que el incremento de dióxido de carbono en la atmósfera, consecuencia de las actividades humanas, aumenta a su vez la temperatura terrestre. Este hallazgo revela la fragilidad de los cambios cíclicos de temperatura de la superficie terrestre y del calentamiento global.



Finalmente, otra periodicidad que quisiera comentar aquí es la del número de muertes que ocurrieron durante la pandemia Covid-19, desde enero de 2020 hasta marzo de 2023. Dicho ciclo de las olas de mortalidad durante la pandemia es muy lento comparado con el de los ritmos circadianos, pero está en el rango temporal de las variaciones de temperatura climática de las estaciones del año.

En agosto de 2024 publicamos en *Heliyon* de la editorial Elsevier² el descubrimiento de dos frecuencias dominantes en la mortalidad global por Covid-19: una ola cada 10.4 meses y otra cada 4.4 meses. El análisis de índice de similitud del coseno indicó que estas dos olas de mortalidad fueron muy similares en la mayoría de los países. Curiosamente, tales olas coincidieron con los periodos vacacionales, cuando la interacción social fue más intensa. Los países con estrictas normas de aislamiento o menor densidad poblacional mostraron patrones menos regulares y menos muertes.

Semejante análisis ofrece a las futuras generaciones información valiosa para afrontar posibles pandemias de dimensiones similares. Los gobiernos de los diferentes países podrían poner en marcha medidas de aislamiento, u otras medidas de protección, en esos dos periodos críticos y así evitar un alto número de muertes, como ocurrió en la pandemia Covid-19.



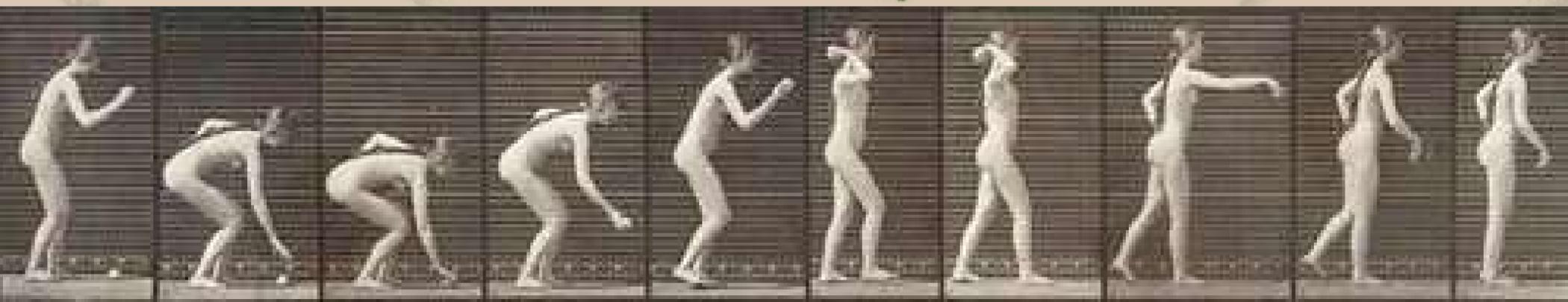
● Fotogramas de Eadweard Muybridge - Eadweard Muybridge, *Human and Animal Locomotion*, Philadelphia, 1887, Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51940>



Algo común entre dicha pandemia y otras, como la peste negra o la gripe “española”, es la asociación del alto número de muertes con el incremento de la interacción social de grandes poblaciones de individuos, como se explica enseguida.

En la peste negra, el punto máximo de muertes ocurrió entre los años 1347 y 1353. Esta pandemia empezó en Asia para propagarse por Europa por medio del comercio en la ruta de la seda, que tuvo su auge gracias al avance de las técnicas de navegación y de la construcción de barcos de gran tamaño. También se ha especulado que la guerra de los 100 años de 1337 a 1453 pudo haber detonado los contagios por la alta interacción social insalubre durante los inicios de la guerra y el uso de barcos que transportaban combatientes enfermos.

De manera similar, la gripe “española” de 1918 se asoció con un crecimiento de la población mundial derivado del progreso económico, tecnológico y de medios de transporte de la segunda etapa de la revolución industrial de 1880 a 1914. Curiosamente, así como la peste negra, esta pandemia también tuvo como detonante otro conflicto de grandes dimensiones, la primera guerra mundial, que inició en 1914 y finalizó en 1918. Se especula que no inició en España, sino que la alta interacción social entre las tropas de varios países al final de la guerra fue lo que propagó la enfermedad a nivel mundial.





Estas comparaciones nos muestran que los agentes infecciosos encuentran su cauce en la periodicidad de la cercanía humana. Por lo tanto, es tentador especular que, así como la de Covid-19, otras pandemias históricas siguieran ciclos de mortalidad con picos asociados a la interacción social en sus respectivas épocas.

En conclusión, las periodicidades más íntimas de nuestros relojes genéticos, los ciclos de temperatura de la superficie terrestre, y las periodicidades de la interacción social humana durante las pandemias comparten una vulnerabilidad ante el desequilibrio. Tal vez porque son ecos de un mismo latido planetario, tan frágil como resistente.

Garantizar ese equilibrio con nuestros estilos de vida saludables y nuestras acciones responsables sobre el planeta es, quizás, la mejor forma de sincronizarnos en armonía con el devenir del escurridizo tiempo escondido en el silencio de las periodicidades.



REFERENCIAS

- Manjarrez E (2024) "Premio Nobel Medicina o Fisiología 2024. Microrealidades". Mercurio Volante, 11 octubre 2024.
- <https://hipocritalector.com/elias-manjarrez/premio-nobel-medicina-o-fisiologia-2024-micro-realidades/>
- Manjarrez E, Delfin EF, Dominguez-Nicolas SM, Flores A (2024) "Power spectral density and similarity analysis of COVID-19 mortality waves across countries". *Heliyon*. 10(15):e35546. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e35546. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024115770>

ELÍAS MANJARREZ

Profesor investigador titular, responsable del laboratorio de Neurofisiología Integrativa del Instituto de Fisiología, BUAP. Es físico de formación, con maestría en fisiología y doctorado en neurociencias. Obtuvo su doctorado en el departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav.

Sus líneas de investigación están enfocadas a entender propiedades emergentes de ensamblajes neuronales en animales y humanos. Es pionero en el estudio de la resonancia estocástica interna en el cerebro, la propagación de ondas en ensamblajes neuronales espinales, la hemodinámica funcional de las emociones, así como de los mecanismos neuronales de la estimulación eléctrica transcraneal. Recibió el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología del CONCYTEP y ha recibido el premio Cátedra Marcos Moshinsky. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3.



PSICOACÚSTICA

¿Los mudos roncan?

—¡Doctor, doctor, el paciente se ha muerto!

Estoy tendido en posición *decúbito supino*, cubierto de electrodos por todo mi cuerpo y cabeza. El LED rojo del registrador multifunción para la *Apnea* parpadea mientras una señal sonora suena insistentemente y a un elevado volumen, indicando la gravedad del momento.

La doctora Taber, muy hermosa y con sus 30 abriles, viene rauda a observar si existe algún problema con las frecuencias de ventilación o las cardíacas. Algo ocurre con estas últimas, puesto que los síntomas le indican *Bradycardia*, es decir muy baja función cardíaca. En pocas palabras, creo que mi corazón está dejando de latir. Noto cómo mi motor se va apagando lentamente, sin ruido.

Estoy muy cansado. Toda la vida he tenido que huir de los lugares, familiares y amigos que tenía, debido al más que elevado nivel sonoro de mis ronquidos. Yo les entiendo. Si me dejaban hacer la siesta, al poco de iniciarla la casa se ponía a vibrar conjuntamente con mis ronquidos.

No se sabe por qué, pero estos últimos entraban en resonancia con las frecuencias propias de vibración de la estructura del inmueble donde me encontraba. Y entonces entrábamos en sintonía. Esto también me pasó en un restaurante de unas bodegas de vino en la Borgoña.

Al parecer estropeé vinos de elevadísimo valor. El juicio continúa abierto en los tribunales franceses. Estoy también perseguido en Gran Bretaña, donde no puedo volver a pisar un avión de la BEA por interferir en su rumbo de navegación al aproximarnos a tierra.

El doctor Joseph Lenam ordenó realizarme la prueba en posición de *decúbito supino*, para nosotros tendido boca arriba, pero la doctora Taber, ante el constante e intermitente aviso de la máquina, se coloca a mi izquierda, me levanta el brazo derecho y lo pasa por delante de mi cara. También levanta la rodilla de mi pie derecho, hasta dejarlo flexionado, y a continuación me coge del hombro derecho y de la rodilla levantada, y me vuelca hacia ella. Me quedo tendido en lo que llaman PLS, o sea, *posición lateral de seguridad*, que es la que te permite respirar sin tragarte la lengua.

—¡Doctor, doctor, el paciente se ha muerto!

El doctor Joseph Lenam aparece al poco tiempo. Tiene la corpulencia de un nadador, y destaca por llevar siempre distintos lazos de colores amarillos en las solapas de sus batas. No recuerdo lo que simbolizan. Sé que me lo explicó alguna vez, pero no lo entendí del todo. Ahora no sé si está relacionado con el Vaticano o un gato.

—Rápido, ¿cuáles son los parámetros cardíacos?

Taber se los da y llama a la enfermera.



—¿Aviso a la familia?

—No haga nada —Dice Lenam—. Hemos de cerciorarnos de que no podemos hacer nada más. Por favor revisen cada sonda. Hemos de comprobar que incluso el aparato funciona correctamente.

—Yo ya comprobé los electrodos —contesta Taber, visiblemente afectada y con voz nerviosa. Es la primera vez que le ocurre algo así.

En cambio, la voz del doctor Joseph suena firme y sin alterar.

—Por favor vuelva a hacerlo.

—Taber, esta vez asistida de la enfermera, vuelve a revisar uno a uno los electrodos. Mientras, Lenam analiza la analítica.

—Este análisis de sangre es de cuando accedió a la clínica, pero no veo ninguna actualización posterior.

La enfermera me saca sangre de la vía, para su análisis urgente.

Vuelve al cabo de poco tiempo, tiempo que los dos doctores utilizan para revisar otra vez uno a uno tanto las sondas terminales como el propio aparato, practicándole a este último un *reset* seguido de una actualización y autorevisión. Todo está en orden. El que no estoy en orden soy yo.

—Doctores, la analítica indica que alguien le ha inyectado cocaína —dice con su voz chillona la enfermera, muy excitada por este hecho.

Sigue un silencio que yo no puedo romper.

—¿Quién lo ha drogado?

—La pregunta debería ser: la persona que lo ha drogado, ¿conoce lo que se denomina *catalepsia cocaínica*? Quizás es eso lo que le pasa al maestro Roncador.

Veo que el médico también utiliza mi apodo. Bien, lo siguiente es que descubran que no estoy muerto. Simplemente estoy drogado, pero yo no lo hice.

La doctora Taber se pregunta por una señora que salió de la clínica y casi choca con ella. Llevaba unos brazaletes ostentosamente sonoros que iban haciendo *clock-clock*.

La vio luego de espaldas, pero el sonido no se le olvidará fácilmente.

El Lenam le pide a Taber y a la enfermera el máximo de discreción, incluso dentro de la clínica. Él se encarga de contactar con la policía.

No me puedo quejar. Me han administrado suero fisiológico en la vía practicada para el análisis. Al menos me mantienen alimentado.

Seguro que llevo ya muchas horas así, y al parecer sin emitir ningún ronquido.

Taber viene a menudo y me habla. Quizás no es consciente de que, a pesar de mi aparente inmovilidad, entiendo lo que me explica. Me había dado por muerto, y para redimirse hace horas de guardia a mi lado, leyéndome el último manual de electromiografía. Es curioso cómo la belleza y la inteligencia se aúnan en esta persona, y su voz es tan suave y cálida, que me puede llegar a enamorar.

Desconozco el tiempo que llevo así. Lenam ha venido y Taber le ha dicho que no nuestro avances. No le ha explicado nada de sus lecturas. Ahora llega un inspector.

Al parecer mi alarma interior me señala que debo despertar. Me espero a que esté Taber. Quiero que sea ella la primera persona en ver al volver a este mundo.

Taber vuelve a mi lado para leerme la página 551 del manual. La verdad es que me tiene martirizado por el contenido, pero esa voz tan dulce ...

Abro los ojos y me la quedo mirando.

Se sorprende mucho, cierra el manual y pulsa el timbre.

—Le he dado por muerto, pero el doctor Lenam le ha salvado al descubrir que ha padecido un ataque de catalepsia.

Yo no le digo que lo he sabido todo.

—Tú también me has salvado, hablándome y leyéndome no sé qué de electromiografía. Mi voz es casi inexistente, y Taber. debe acercarse mucho para entenderme. Huelo su perfume. Aspiro el aire que la rodea.

Ella se ruboriza y se aparta.

—No me he encontrado solo. La soledad sí que me hubiera matado.

Ella me explica la causa de mi catalepsia y sus sospechas de la señora de los brazaletes. Pienso en la secretaria del CACTAS (Centro de Altos Conocimientos Técnico-Artísticos en Sonido). ¿Sería capaz?

Aparece el doctor Joseph. Muestra una generosa sonrisa de oreja a oreja. Me examina y me da más datos de mi situación. No han logrado hacer nada por mis ronquidos. Quizás si me quedo más tiempo puedan ver la causa, porque supone que es debida a una deformación de la *úvula*, es decir, mi campanita. Me recomienda que me quede.

Pero yo no puedo permanecer más tiempo hospitalizado. Me levanto, me siento en la cama y le digo que antes está mi vida que no resolver mis ronquidos. Casi sin voz, le pido el alta. Se marcha. Solamente se queda Taber.

Estoy como afónico debido a la intubación, pero le pregunto:

—¿Los mudos roncan?

Ella afirma con la cabeza.



El coleccionista

—Seguro que me han echado el mal de ojo

—¿Por qué crees esto? ¿Notas alguna cosa diferente?

—No lo sé, me siento extraño y no percibo con nitidez los sonidos. He ido al otorrino y no me ha sabido dar una explicación. Dice que todo está normal para mi edad.

Dejo pasar unos segundos en los que mi rostro muestra una gran preocupación, y pregunto:

—¿No sabes de algún curandero?

Michel Aujose sabe de casi todo. Aun así, se lo piensa un instante antes de responder.

—Conozco un coleccionista que creo tiene amuletos para esto. Seguramente te podrá ayudar o indicar un camino, aunque es muy reservado y peculiar.

El piso del coleccionista se encuentra en el casco viejo de la ciudad, junto a la plaza mayor. Se accede por un portal escondido en un recodo de la vieja muralla. Todo el entorno recuerda la época medieval, con las brujas viajando sobre escobas. En esta ciudad, todavía se celebran las fiestas de los aquelarres.

Solo de entrar, me recibe una señora mayor, pero muy atenta, que me conduce a una estancia llena de vitrinas conteniendo diversos objetos, así como estantes repletos de libros dispuestos en vertical y horizontal. La habitación no resuena nada, de tanta absorción que hacen estos acabados, junto a los densos cortinajes y las alfombras. Eso me recuerda mi despacho. Pero aquí también hay aviones y otros móviles suspendidos. Extrañamente, no huele a viejo.

Mientras espero, miro las vitrinas. En una de ellas, encuentro lo que buscaba; amuletos contra el mal de ojo. El coleccionista no solamente exhibe sus objetos, también informa sobre ellos con unas pequeñas tarjetas mecano-grafiadas donde, entre otras, se relata el nombre, procedencia y utilidad. En esta leo lo siguiente:

Colgante con el ojo de Osiris. Usado desde la época egipcia para combatir el mal de ojo. Se compone de un collar de oro y el amuleto con la ceja, el ojo, la cola retorcida en espiral, y el mango (como si de una lupa se tratara).

En eso que los móviles suspendidos del techo empiezan a tintinear

—Usted dirá lo que busca.

La voz es cálida y proviene de un señor de unos sesenta años, que lleva un batín de seda y zapatillas. Quieto ahí, en el umbral de la puerta, parece irreal.

—Creo que ya lo he encontrado.

—Su amigo Michel me ha llamado para decirme que busca un remedio contra el mal de ojo.





—Si, ciertamente, y creo que usted tiene varios amuletos contra el mismo.

El viejo se dirige hacia la vitrina.

—He visto este amuleto —digo señalando el ojo de Osiris— ¿crees que me puede solucionar mi problema?

—Este amuleto es generalista. Si supiera a qué se dedica, quizás podría recomendarle uno realmente eficaz para su caso.

—Yo soy consultor acústico, y maestro en ese tema.

—¿Cómo se llama el lugar en el que imparte clases?

—Centro de Altos Conocimientos Técnico-Artísticos sobre el Sonido.

—¿El CACTAS? —preguntó sorprendido.

—Sí. ¿Lo conoce?

—Claro, yo personalmente realicé el diseño de su escudo.

Pienso en ese escudo tan antiguo del CACTAS. Ahora estoy ante su autor.

—Entonces su protección debe ser totalmente sonora. Quiero decir que debe emitir sonidos. Sígame.

Ambos nos dirigimos a otra habitación a través de un pasillo también lleno de estantes repletos de libros y objetos. Yo, que solamente soy un apasionado por todo lo sonoro y creo que eso ya es demasiado extenso con mi colección de silbatos, aldabas, timbres y carrillones, no entiendo cómo se puede vivir con tantas y diferentes colecciones, porque cuando no encuentras búhos de di-

ferentes materiales y tamaños, son rosarios o cucharillas votivas lo que ves.

Llegamos a una estancia totalmente a oscuras. Esta sí que huele a cerrado.

—Es porque la luz del sol se come los pigmentos que aún conservan algunas antigüedades. A ver, a ver...

Estoy asombrado. Al dar la luz, en el centro de la habitación, una gran vitrina preside la atención. Adentro cuelgan unos falos de bronce, de los que suspenden unas campanitas.

—Eso son los “tintinnabulum” —dice el viejo, dirigiéndose hacia la vitrina que se ilumina por la luz electrónica filtrada.

Todo me parece extraño y surrealista. Dentro de este ambiente tan contrastado, la atracción hacia esos carrillones es exclusiva. Leo el rótulo.

Tintinnabulum. Carrillón romano con campanillas movidas por el viento. A menudo toman la forma de una figura fálica de bronce o fascinum. Este falo mágico-religioso está pensado para protegerse del mal de ojo. Las campanas asustaban a los espíritus malévolos, lo que se combinaba con el falo para aumentar su eficacia y traer buena fortuna y prosperidad. Se colgaba en jardines, patios, domus, tiendas romanas, y pórticos donde el viento les permitía tintinear.



Estoy impresionado con esa visión. Me imagino Roma, con los ruidos de las bigas y cuádrigas compitiendo en velocidad por las grandes avenidas, y esos sonidos sutiles de las campanitas de los *tintinnabulum*.

—Yo creo que si usted trabaja en un centro dedicado al sonido, es necesario que el remedio lo sea también. Es más, quizás el mal de ojo lo haya creado alguien del Centro que no lo soporte. ¿Hay alguien así?

Dudo.

—Con su pregunta ya me indica la posibilidad de ello.

Pienso en mis enemistades. El profesor de laboratorio, el directivo antiguo compañero de la directora, incluso el alumno burlesco. Si lo miro así, desde que llegué al Centro, solamente he ido generando hostilidades. Quizás la culpa sea mía. ¿Y si soy yo quien se equivoca de rumbo?

El coleccionista abre la vitrina, descuelga uno de los amuletos que se pone a tintinear, creando una atmósfera sonora única en el silencio de la habitación, y lo expone en sus manos. Estoy fascinado.

—Le presto este ejemplar, que deberá instalar sobre la puerta de su despacho, para que, al abrirla, haga sonar sus cuatro campanitas, pero con el compromiso de que después de una semana que desaparezcan los síntomas de su mal de ojo me la devuelva, y ...

Deja en el aire la continuación. Pasan los segundos y no completa la frase. Eso me pone muy nervioso.

—Y que me acompañe a ver a la directora del CACTAS. Continúo estando muy enamorado de ella.

“Vaya, otro enemigo”, pienso.

—Por descontado, tiene mi palabra—le digo escondiendo el amuleto en un pañuelo para que no se vea la figura.

¡Cling, clang, clong, clung!

Llevo ya más de una semana escuchando esta musiquita. Por suerte varía de tono en función de la cadencia en que la puerta percute sobre las campanitas.

Cada vez que alguien entra o sale, el amuleto va sonando, hasta que finalmente dejo la puerta abierta de par en par para conseguir algo de silencio.

Realmente noto mejora auditiva. Han desaparecido los extraños zumbidos y los efectos de cambio de fase y variación de frecuencias que antes me perseguían.

El primer día, cuando lo instalé, me pasé mucho tiempo recubriendo la forma fálica con un plástico de burbujas. Así, parecía que no había acabado de desembalar el carrillón por completo. A quienes me preguntaron, les contesté que me lo habían prestado, lo cual es totalmente cierto, y que no quería que se ensuciara o deteriorara por algún golpe ya que debía devolverlo en las mismas condiciones, lo que también es cierto.

“Si al tapanlo tengo menos fortuna o prosperidad, mala suerte. Lo importante es que me anule el mal de ojo”, pensé acertadamente.

Y así llegó un día en el que me di cuenta que había desaparecido el maleficio. Pero, ahora, ¿cómo consigo que el coleccionista no se entere de que vuelvo a salir con la directora?



MAESTRO RONCADOR

Experto en psicoacústica y aprendiz de lo que sea menester.

Homo sum: Un cerebro ÚNICO

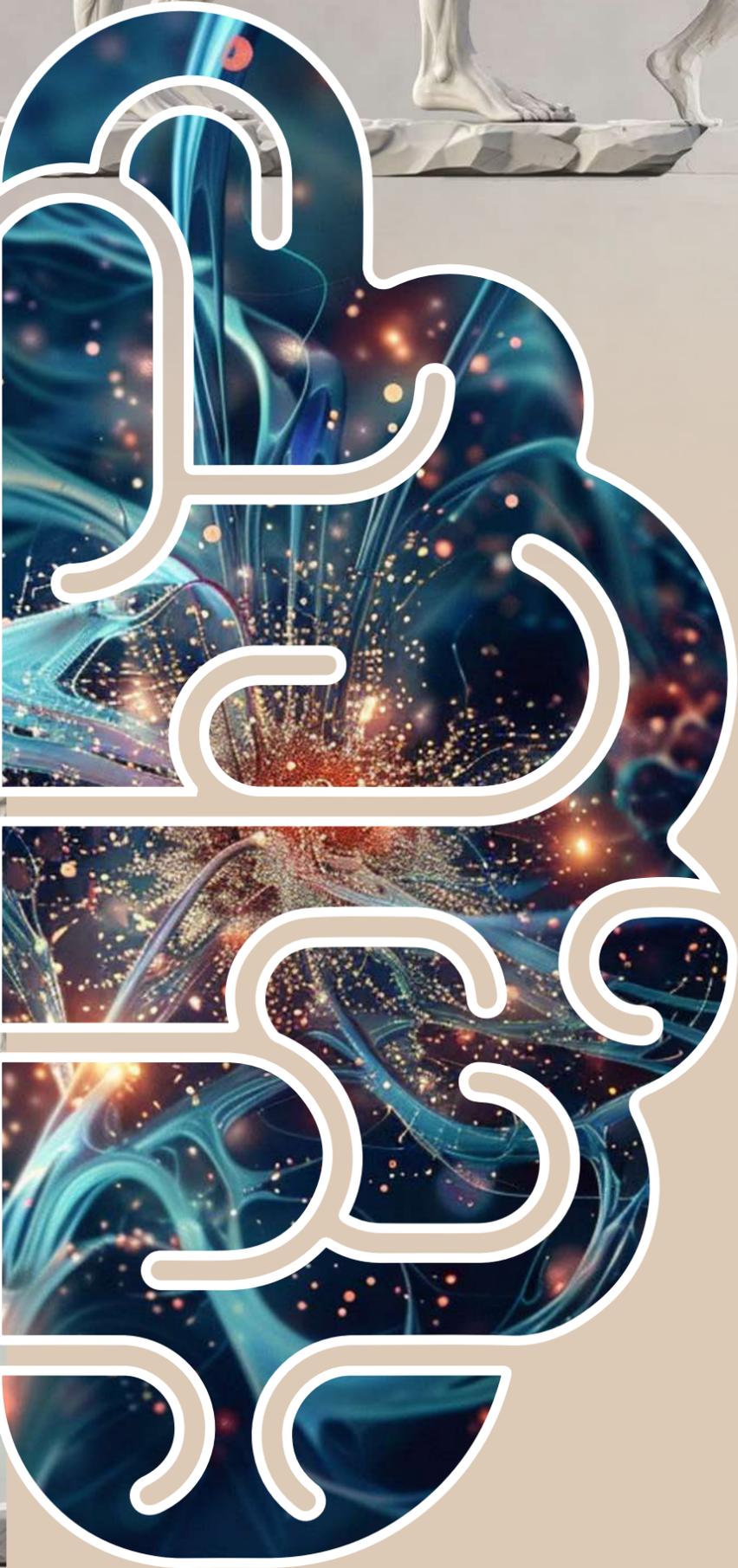
MARIO DE LA PIEDRA WALTER

Ese es el gran misterio de la evolución humana: cómo explicar el cálculo y a Mozart.
E.O. Wilson

A finales del *Mioceno tardío*, hace seis a ocho millones de años, el *Sahelanthropus tchadensis* daba sus primeros pasos -bastante tambaleantes- en la sabana del África Central. Desde que se descubrió el primer fósil al norte de Chad en el 2001, sus rasgos híbridos han encendido debates sobre su lugar en el árbol filogenético de los primates.

Para muchos paleoantropólogos representa el último ancestro común entre los humanos y los chimpancés, antes de subdividirse en los géneros *Homo* y *Pan* respectivamente. Aunque su capacidad craneal -el volumen interior del cráneo y por ende el tamaño de su cerebro- rondaba los 360cc, similar a los chimpancés modernos, sus arcos superciliares -la eminencia del cráneo a la altura de la ceja- lo asemeja más al género de los gorilas.





Sin embargo, la posición y la orientación del *foramen magnum* –el agujero en la base del cráneo del que sale la médula espinal– sugieren que caminaba erguido como los humanos. El *Australopithecus*, con una capacidad craneal de 350-530cc, es el primer homínido bípedo sin disputa.

En términos evolutivos, fue tan exitoso que deambuló por casi todo el continente africano por más de 3 millones de años, diez veces más de lo que lleva el humano moderno en la tierra. Del *Australopithecus* deriva –hasta donde sabemos– el género *Homo* y todas sus vertientes, que incluyen especies como el *Homo habilis*, *Homo erectus*, y *Homo neanderthalensis*. Mientras los neandertales fabricaban las primeras herramientas complejas y se expandían por todo lo largo de Eurasia hace 300 mil años, el *Homo sapiens* –la única especie superviviente del género humano en la actualidad– aparecía en el África Oriental.

A nivel anatómico es posible trazar diferencias en el registro fósil para clasificar a las especies. Sin embargo, muchos especímenes pueden compartir rasgos de especies o incluso géneros distintos, por lo que no siempre es posible saber qué las hace únicas. En las últimas décadas, la secuenciación de genes y proteínas se ha incorporado a la taxonomía para rastrear diferencias más sutiles y en muchos casos más relevantes (taxonomía filogenética o cladística).

A pesar de esto, encontrar aspectos morfológicos o neurocognitivos únicos que nos separen –más allá de grado– del resto de los primates ha sido una tarea difícil. Después de todo, compartimos más de 60 millones de años de historia evolutiva y como discutimos en la primera parte de esta serie, son muchas más las similitudes que las diferencias. La neurociencia comparada, sin embargo, puede otorgarnos algunos indicios de aquello que nos hace singulares.



Especializaciones cerebrales en el *Homo sapiens*

El rasgo más aparente de especialización neuroanatómica es, sin lugar a duda, el tamaño absoluto y relativo del cerebro. Con un promedio de 1400 gramos, el cerebro humano es aproximadamente tres veces más grande que el de los otros grandes primates. Esto sugiere un aumento significativo de la masa cerebral en el linaje de los homínidos.

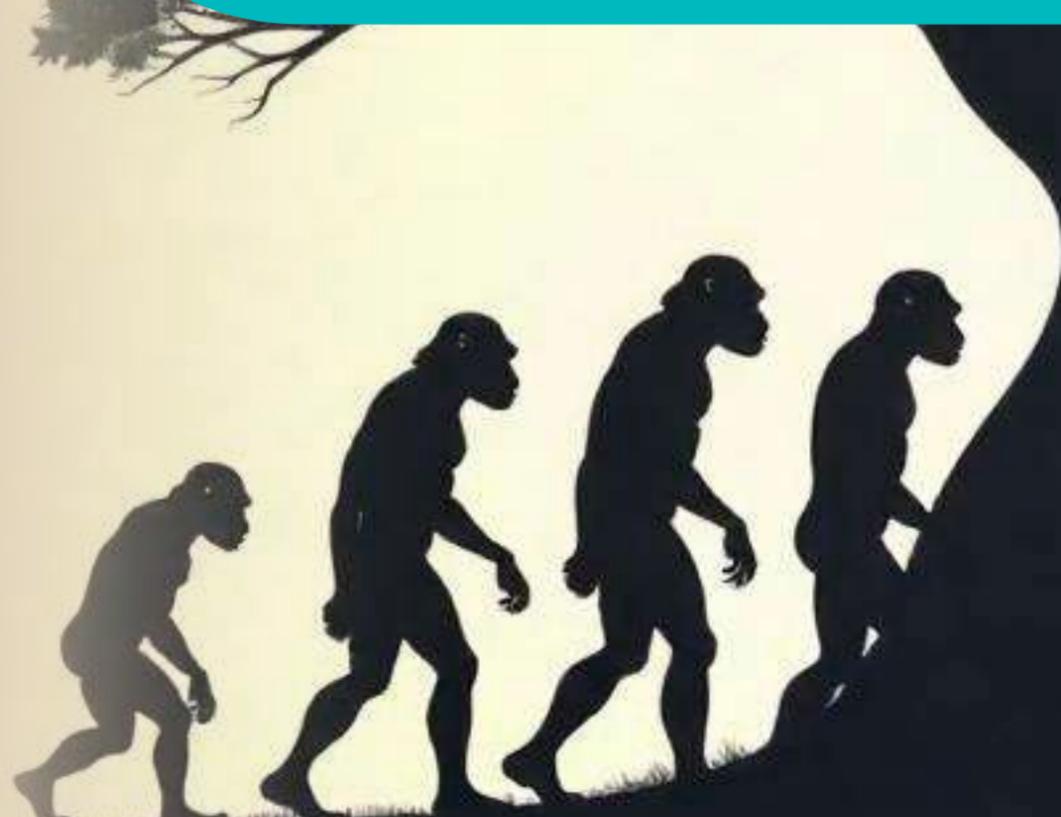
Además, el cerebro humano posee el cociente de encefalización más alto (la masa del cerebro en relación con su masa corporal). Los registros fósiles muestran que la capacidad craneal de los primeros homínidos aumentaba con relación al incremento de su masa corporal, sin embargo, con la aparición del *Homo erectus* hace 1.8 millones de años, la expansión cerebral se aceleró.

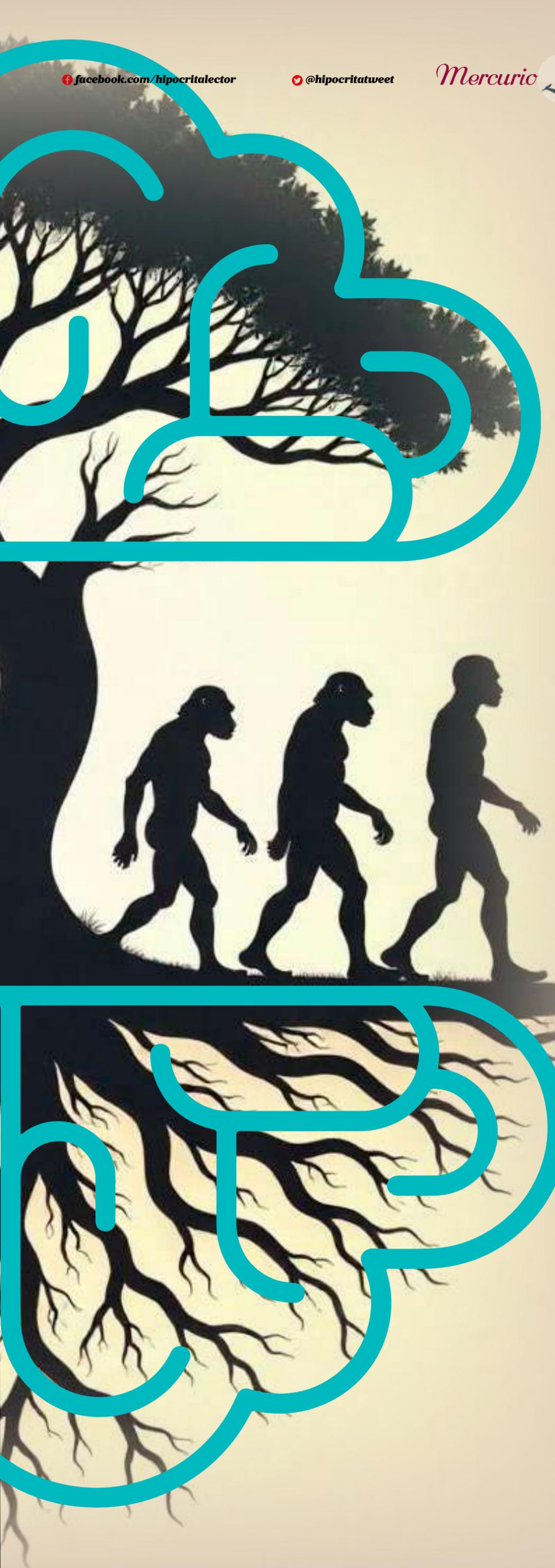
El patrón de crecimiento y diferenciación cerebral en los humanos dista mucho de el de los otros primates. Al nacer, el cerebro de un neonato representa solo 27 por ciento de lo que será su tamaño adulto, mientras que en los macacos recién nacidos representa 70 por ciento y en los chimpancés -nuestro pariente vivo más cercano- 36 por ciento.

La neocorteza, la región del cerebro responsable de funciones cognitivas superiores y percepción sensorial, se ha expandido como en ningún otra especie, permitiendo un mayor control voluntario de nuestras acciones. Además, muchas áreas de la neocorteza se han reorganizado de forma única.

Por ejemplo, la corteza visual primaria en ser humano es casi del mismo tamaño que la de los demás grandes primates, pero la corteza parietal posterior es mucho mayor, contribuyendo a la percepción de tridimensionalidad y movimiento. Otra región inusualmente grande es el lóbulo temporal, que juega un papel fundamental en la comprensión del lenguaje, la memoria verbal y el reconocimiento facial.

Más allá de las diferencias anatómicas, existen diferencias funcionales claves entre el ser humano y los demás primates. Los humanos han desarrollado un grado de lateralización hemisférica jamás visto en otra especie. Hasta un 90% de los individuos son diestros para tareas motoras finas que involucran precisión y manipulación de objetos.





En cambio, la mayoría de los primates no presentan una lateralización de sus funciones, es decir, son ambidiestros. Solamente los chimpancés y los orangutanes muestran cierta inclinación a ser diestros (67% y 79% respectivamente). Esta lateralidad, que no es exclusiva de la mano sino que abarca también una preferencia de ojo, pie y oído, es un signo de asimetría hemisférica funcional.

Es decir, el hemisferio contralateral izquierdo -que contiene el área del lenguaje- es el hemisferio dominante en la mayoría de los humanos. La relación entre lenguaje y lateralización, aunque no es de todo clara, parece ser muy estrecha. En personas zurdas, el centro del habla suele estar en el hemisferio contralateral derecho. Se cree que la asimetría cerebral permite focalizar la atención en tareas que requieren precisión y que muchas veces se relacionan con el lenguaje.

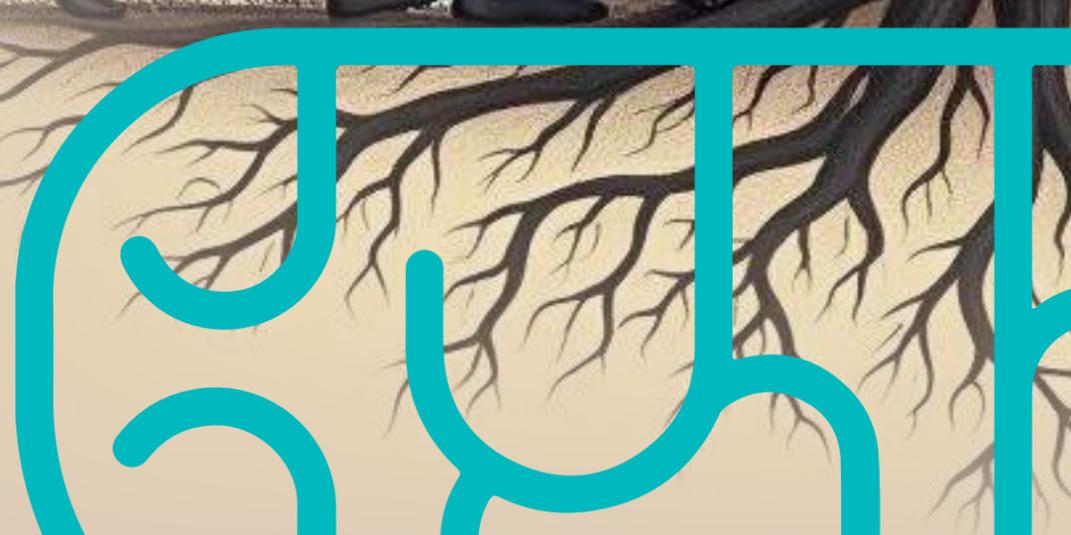
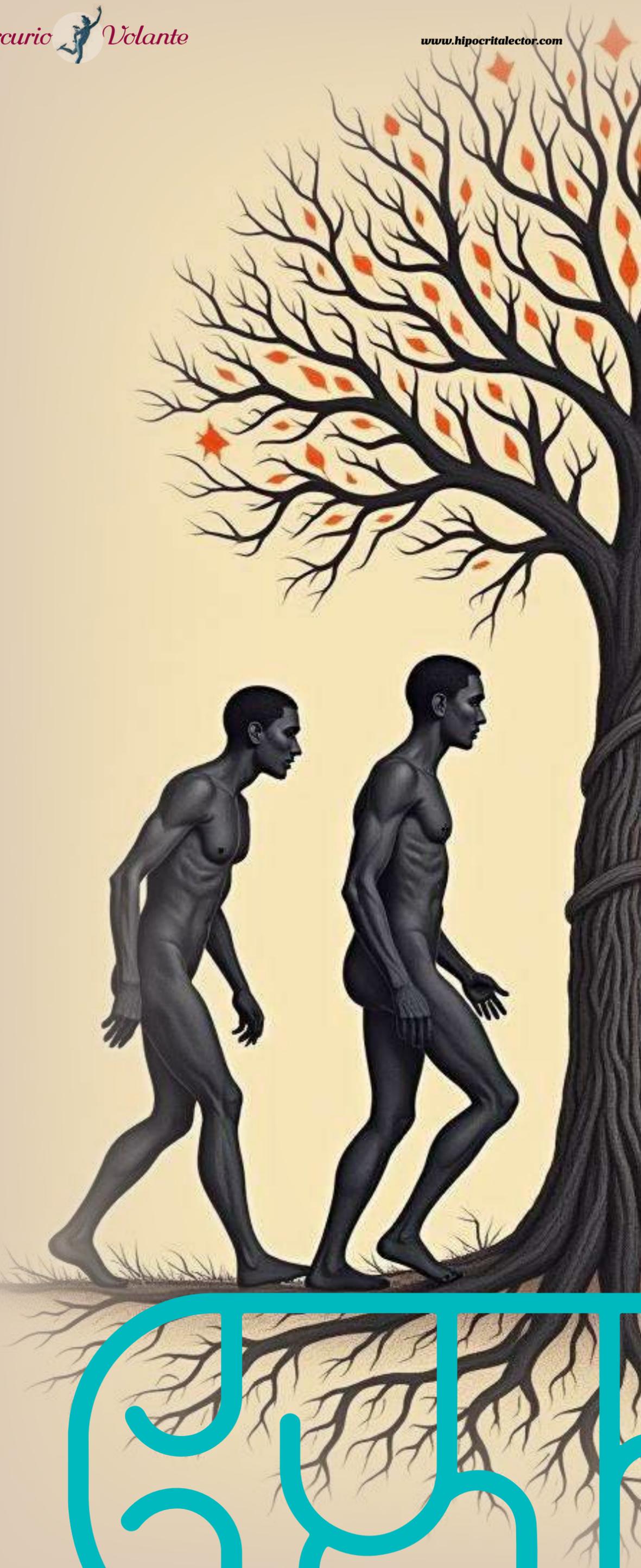
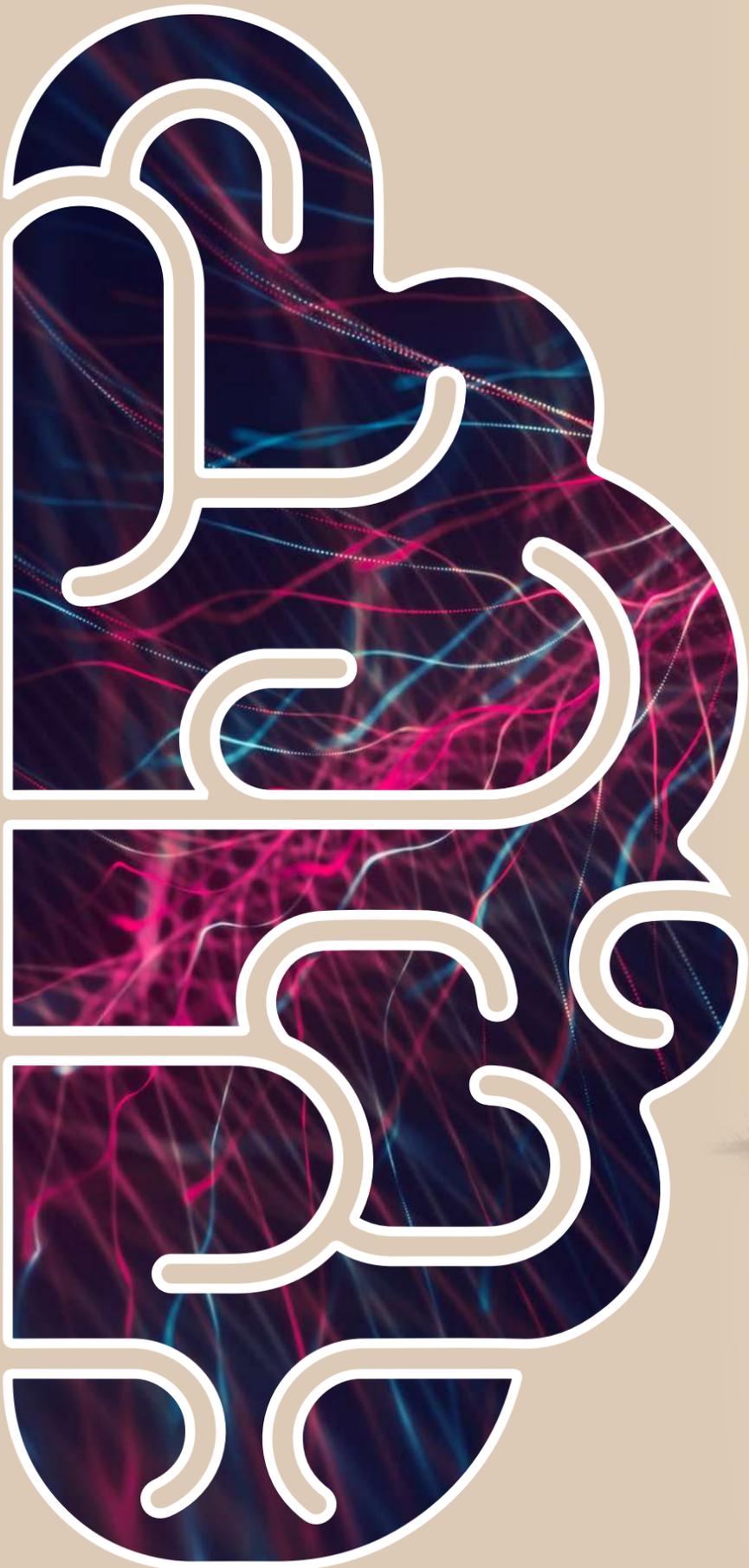
A nivel microscópico hay diferencias importantes en la histología, el metabolismo y la conectividad entre el cerebro humano y el de los otros primates. Pese a que el volumen cerebral de la corteza cerebral humana es 2.75 veces mayor a la de los chimpancés, solo contiene 1.25 veces más neuronas. Es decir, compartimos casi el mismo número de neuronas, pero su organización es un poco distinta.

Un ejemplo es la neurona de von Economo que transmite señales a través de áreas amplias en el cerebro y se relaciona con procesos cognitivos complejos. En los seres humanos, estas neuronas tienen un mayor tamaño y tienden a agregarse en grupos en la corteza fronto-insular y cingulada anterior, involucrados en la toma de decisiones y control de emociones.

Otro aspecto importante es el metabolismo cerebral en el que “células de sostén”, conocidas como células gliales, juegan un rol importante. En el ser humano, el número de células gliales relativo a las neuronas es mucho más alto que en otros primates, lo que indica un sistema metabólicamente más complejo.

En los humanos modernos, existe una variante genética única que lo distingue de los demás animales. El gen FOXP2, que se conserva en la mayoría de los mamíferos sociales, es un factor de transcripción que regula a otros genes. Su secuencia de aminoácidos es idéntica en macacos, gorilas y chimpancés. Sin embargo, en los seres humanos presenta una mutación que afecta a dos aminoácidos y parece crucial en el desarrollo del lenguaje.

Defectos en este gen producen problemas como la dispraxia verbal, la incapacidad de coordinar los movimientos de los músculos implicados en la fonación, así como problemas para socializar. La variante humana de este gen se encuentra también conservada en el ADN de los neandertales, lo que no solo refuerza la teoría de un ancestro en común, si no que implica un uso del lenguaje igualmente complejo en esta especie.





Otra variante humana es el gen *AH1*, que controla la formación las vías neuronales entre el tronco cerebral y el cerebelo, necesario para la coordinación motora y el modo de andar.

Conforme la ciencia avance, seguiremos encontrando particularidades que nos definan como seres humanos. Armar las piezas de este rompecabezas, sin embargo, conlleva también a un proceso de conciliación con las demás especies.

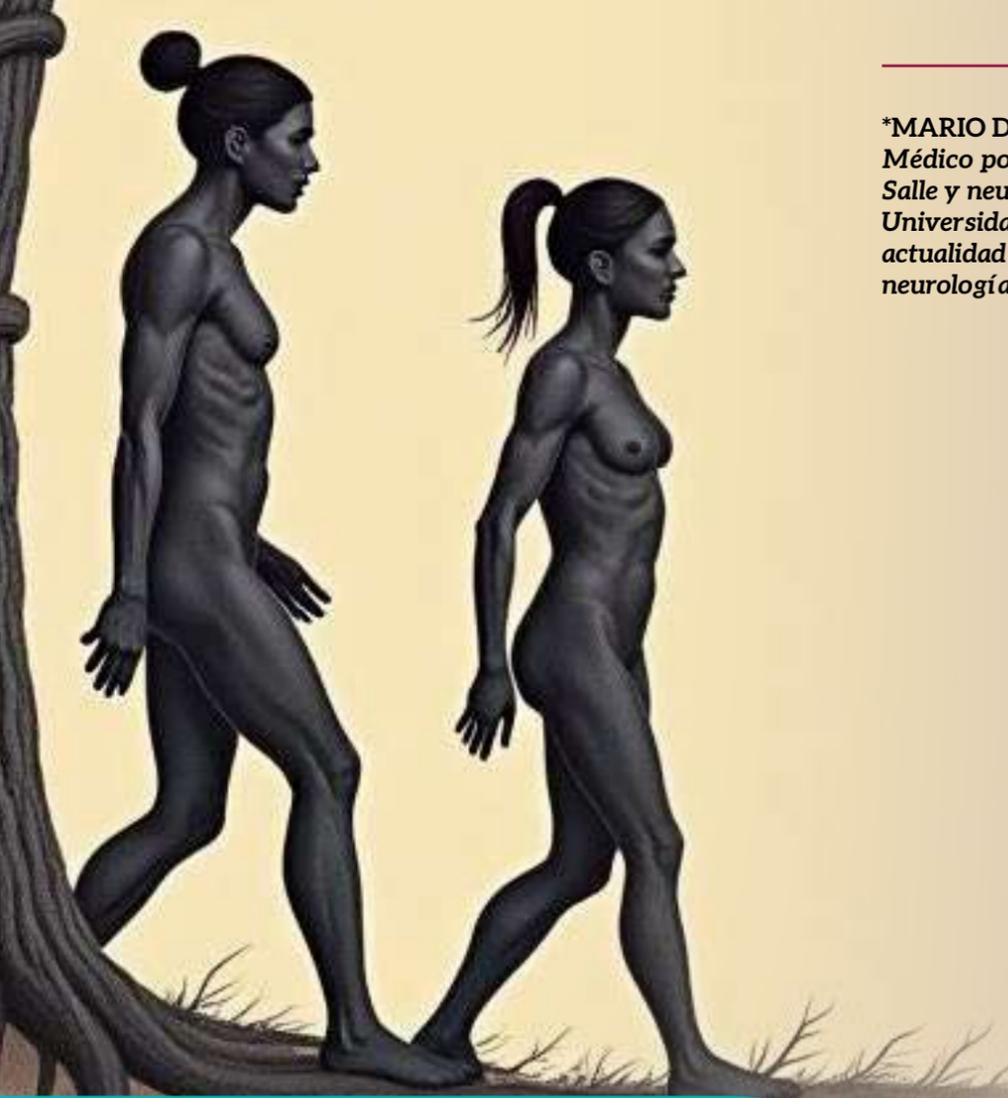
Son muchos los lazos que nos unen a los demás primates con los que compartimos una larga historia evolutiva. Entender los rasgos sutiles que nos separan, paradójicamente, nos hacen comprender el estrecho vínculo que tenemos con todas las criaturas -extintas y no extintas- sobre esta tierra.



•REFERENCIAS

- Pontzer H (2012) "Overview of Hominin Evolution". *Nature Education Knowledge* 3(10): 8
- Sherwood, C, Subiaul F, Zawidzki T (2008) "A natural history of the human mind: tracing evolutionary changes in brain and cognition". *Review. Journ. Anat.* 2012: 426-45

*MARIO DE LA PIEDRA WALTER
Médico por la Universidad La Salle y neurocientífico por la Universidad de Bremen. En la actualidad cursa su residencia de neurología en Berlín, Alemania.





● Kun-kun en la toma de imágenes por resonancia magnética. Foto: Raúl Hernández Pérez.

LOS CANES y las lenguas humanas

NORMA ÁVILA JIMÉNEZ

Kun-kun, un *border collie* que en 2020 vivía en la Ciudad de México, junto con sus cuidadores y su amigo inseparable, Odín, otro ejemplar de su misma raza, llegaron a vivir a Budapest, Hungría, ciudad testigo del placer de estos perros al bañarse en las aguas del río Danubio durante el verano.



Los doctores Laura V. Cuaya y Raúl Hernández Pérez, sus cuidadores, se mudaron con ellos para unirse al equipo del Departamento de Etiología, parte del Instituto de Biología de la Universidad de Etvoos Lorand. Esta mudanza dio pie a que los especialistas mexicanos, junto con los doctores Boros, Demes y Andics, publicaran los resultados de una investigación que muestra la capacidad de la mente canina para distinguir entre varios idiomas.

“Cuando Kun-kun escuchó el lenguaje húngaro, su rostro se mostró atento. De allí partió el interés de llevar a cabo estudios que indicaran cambios en la actividad del cerebro ante los sonidos de un idioma diferente al familiar, en este caso, el español”, señala la neurocientífica.

A los humanos nos pasa cuando escuchamos otros idiomas; tal vez podemos detectar que son lenguas similares a la nuestra, como el portugués, italiano o francés, aunque no entendamos todo, pero si escuchamos un idioma asiático, la mente registra que es totalmente diferente al nuestro, porque todo idioma tiene un ritmo, un acento.

“Eso podría estar pasando en el caso de los canes. Hace decenas de miles de años una subespecie de los lobos se separó de su familia (*Canis lupus*), aquellos que no tuvieron miedo al humano y no eran agresivos. Crearon su propia evolución (*Canis lupus familiaris*) y empezaron a tener una relación cooperativa con nuestros ancestros. El desarrollo de su cognición y de su comportamiento aún guarda misterios que queremos entender”, subrayó.

“Los gatos, por su parte, no son cooperativos, no son sociales; empezaron a convivir con los humanos porque los utilizaban para cazar ratones”.



Odín y Kun-kun, junto con otros 16 perros que viven con familias desde nacimiento y solo habían escuchado un idioma la mayor parte de su vida, participaron en el diseño experimental de escaneo del cerebro desarrollado por Cuaya y Hernández Pérez. Antes de subir a la mesa del escáner de la resonancia magnética, fueron entrenados para permanecer dentro del túnel voluntariamente, ante la presencia de sus dueños, sin estrés y sin ser anestesiados.

La primera parte de este diseño consistió en la escucha por parte de los perros de fragmentos hilados de *El principito*, de Antoine de Saint-Exupéry, en el idioma que les es familiar. Después, los científicos hicieron lo mismo con los fragmentos del cuento en el idioma que no era familiar. En el caso de Kun-kun y Odín, se utilizaron el español y el húngaro. La tercera parte consistió en la audición de fragmentos mezclados de los dos idiomas.

A los humanos nos pasa cuando escuchamos otros idiomas; tal vez podemos detectar que son lenguas similares a la nuestra, como el portugués, italiano o francés, aunque no entendamos todo, pero si escuchamos un idioma asiático, la mente registra que es totalmente diferente al nuestro, porque todo idioma tiene un ritmo, un acento.

● Hay evidencia del interés de los perros por nuestro lenguaje corporal. Foto: Clara Torres Rodríguez.





● Kun-kun con audífonos. Foto: Raúl Hernández Pérez.



Los resultados del estudio indican que la actividad cerebral fue diferente cuando detectaron un discurso estructurado, a la mostrada cuando los fragmentos estaban mezclados. La conclusión señala que, no importa el lenguaje que escuchen, si está estructurado, se enciende la corteza auditiva primaria. Además, muestra que la corteza secundaria auditiva tiene mayor actividad cuando el cerebro canino hizo la distinción entre los dos idiomas.

Estas funciones se vieron más marcadas en los perros de mayor edad, lo cual subraya lo aprendido durante su convivencia con los humanos por mayor tiempo; son mejores escuchas. "Somos una fuente de enseñanza para ellos, siempre nos están observando", asegura la doctora Cuaya, quien nos invita a recordar el adagio: "Más sabe el diablo por viejo que por diablo".

Los resultados del experimento son trascendentes porque han establecido por primera vez, que un cerebro no humano puede distinguir idiomas.

Esta investigación fue publicada en *Neuroimage*, en marzo de 2022, con el título de *Speech Naturalness Detection and Language Representation in the Dog Brain*. Kun-kun, Odín y otros 16 peludos contribuyeron en forma voluntaria al estudio de su cognición, y probablemente lo volverán a hacer pronto a fin de develar otros fascinantes secretos de su mente.

Iluminación perruna

“Cuando tu perro te ve, no solo se iluminan sus ojos, también su cerebro”, afirman los doctores Laura Cuaya, Raúl Hernández Pérez y Luis de la Concha en su artículo *¿Qué pasa en el cerebro de los perros cuando ven caras humanas?*, publicado en www.cienciacognitiva.org (mayo de 2016).

Antes de viajar a Hungría, los neurocientíficos Cuaya y Hernández se doctoraron en el Instituto de Neurobiología de la UNAM, ubicado en Querétaro, en donde desarrollaron un experimento para conocer el procesamiento cerebral de los caninos cuando ven el rostro de sus cuidadores y de extraños. Al igual que en el otro estudio realizado cuatro años después, los especialistas se apoyaron en el uso de la resonancia magnética.

Los humanos nos hemos especializado en observar los rostros para obtener información, detectamos si las personas están tristes, alegres; si son jóvenes o viejos, si son extranjeros o no, entre otros datos. “Los perros son interesantes porque son la especie que, sin entrenamiento, mejor pueden interpretar las claves sociales humanas, incluyendo, por supuesto, lo que proyecta nuestra cara”. En el artículo citan otras investigaciones que concluyen que, a diferencia de los perros, los primates no humanos y los lobos no han desarrollado esa habilidad.



● Estudios señalan que el vínculo perro–cuidador es tan fuerte como el de una madre y su hijo. Foto izq.: Clara Torres Rodríguez. Foto abajo: Miriam Ávila Ramírez.





● Los perros muestran mayor actividad cerebral en la corteza temporal y en el núcleo caudado cuando ven rostros humanos. Foto arriba: Miriam Ávila Ramírez. Abajo: Kun-kun y Odín. Foto: Raúl Hernández Pérez.

Después del entrenamiento a base de recompensas, como lo hicieron en el experimento arriba citado, lograron que voluntariamente los siete perros participantes se mantuvieran tranquilos y atentos durante la toma de la resonancia magnética.

“Medimos el funcionamiento de su cerebro mientras les presentábamos imágenes de caras humanas y objetos. De esta forma sabemos que la actividad cerebral resultante no es provocada por la estimulación visual sino por el contenido de lo que observan”, aseguran Cuaya, Hernández y De la Concha.

Los perros mostraron mayor actividad cerebral en la corteza temporal cuando procesaron rostros que al observar objetos. En el caso del núcleo caudado, otros estudios han mostrado que esta parte del cerebro está relacionada con la obtención de recompensas, y lo observado por los neurocientíficos aludidos, fue que dicha región se encendía al ver rostros humanos, aun cuando no eran sus cuidadores: los perros los ven como recompensas.

Cabe subrayar que los siete lomititos participantes viven en familia, están bien cuidados y por ello su vida está llena de experiencias positivas con los humanos. Los autores esperan que su artículo ayude a reconocer a los perros “como seres con una compleja vida cognitiva, emocional y social”.





● La corteza secundaria auditiva muestra mayor actividad en presencia de un idioma que no les es familiar. Foto: Miriam Ávila Ramírez.

Los perros mostraron mayor actividad cerebral en la corteza temporal cuando procesaron rostros que al observar objetos. En el caso del núcleo caudado, otros estudios han mostrado que esta parte del cerebro está relacionada con la obtención de recompensas, y lo observado por los neurocientíficos aludidos, fue que dicha región se encendía al ver rostros humanos, aun cuando no eran sus cuidadores: los perros los ven como recompensas.

¿Les interesa nuestro lenguaje corporal?

Actualmente Laura Cuaya y Raúl Hernández Pérez realizan su posdoctorado en la Unidad de Neuroimagen Canina de la Universidad de Viena. Trabajan con un equipo interesado en los efectos de la oxitocina –hormona que se libera mayormente cuando las personas sienten sensaciones muy agradables– en la química cerebral de los perros, “es maravilloso el bullante mecanismo neuronal cognitivo que ha emergido en ellos”.

Cuando se les administra oxitocina, sin estresarlos, observan más a los humanos, y hay evidencia de su interés por nuestro lenguaje corporal. En una parte del diseño de este experimento participaron humanos sin mostrar el rostro.

Este y otros proyectos ayudarán a dar respuestas para entender por qué surge el fuerte apego entre dos especies diferentes: los cuidadores y los canes. En un artículo publicado en *Nature*, en diciembre 2020, Sabrina Karl y otros especialistas indicaron que estudios conductuales han revelado que la relación perro–humano asemeja al vínculo entre una madre y su hijo. El mecanismo subyacente aún no es claro, se requiere realizar más investigaciones. Sin embargo, deja ver ese robusto lazo; tan es así, que hay quienes les llaman “perrhijos”. Y tú, ¿tienes perro? ¡Cuidalo!



*NORMA ÁVILA JIMÉNEZ

Desde hace más de 20 años se dedica al periodismo de ciencia. Es Premio Nacional de Periodismo 2015 por el Club de Periodistas de México. En 2013 recibió reconocimiento de la televisora alemana Deutsche Welle y mención especial Pantalla de Cristal por la serie televisiva 13 Baktun, coproducida por Canal 22 y el INAH. Es autora del libro *El arte cósmico de Tamayo* (Ed. Praxis /Instituto de Astronomía, UNAM / Conacyt).





● Fotograma tomado de la entrevista realizada por el autor.

*Artífices de la ciencia
contemporánea*

THOMAS EISNER, PIONERO DE LA QUÍMICA ECOLÓGICA

CARLOS CHIMAL

Fue un apasionado explorador de la biomímesis, esto es, de la adaptación a cuestiones humanas de tecnologías que en su proceso evolutivo han desarrollado otras especies. Dedicó su talento a comprender el lenguaje químico de los insectos mediante sorprendentes documentales que fueron transmitidos por la *BBC* de Londres. De hecho, puede decirse que con estos trabajos dio inicio el género del documental científico para la televisión. El relato que Eisner armó sobre la manera como el escarabajo bombardero mantiene y activa su dispositivo de fuego marcó un hito tanto en el conocimiento como en el campo de la difusión científica. Eisner, talentoso aficionado a la música, también realizó contribuciones cruciales en entomología y en el entonces novedoso campo de la química ecológica, por lo que se le considera el fundador de esta última disciplina.

Nuestro querido colaborador, Roald Hoffmann, tuvo a bien presentarme con él. Eisner padecía un avanzado mal de Parkinson, de manera que le resultaba muy difícil sostener conversaciones largas sin sufrir las consecuencias. Aun así, tuvo la enorme generosidad de recibirme en su laboratorio de la Universidad de Cornell. Tomó su dosis de medicamento y durante casi una hora me introdujo a un mundo de maravillas naturales, donde los lenguajes silenciosos tienen la palabra.

Como tantos niños, desde pequeño le gustaba coleccionar insectos. Pero si bien a casi todos les gustaba disecarlos, él prefería mantenerlos vivos, así que su habitación se convirtió en un laberinto de cajas, verdaderos condominios donde vivían escarabajos, abejas y avispa, moscas, mosquitos y mariposas. Y dado que muchos de ellos son nocturnos, como las orugas, que se alimentan durante esa etapa del día, había que levantarse a mitad de la noche para observar su comportamiento.

También notó que algunos se distinguían más bien por el aroma que despedían. Como si fuese un aprendiz de creador de perfumes, supo acercarse a los insectos para captar sus olores y conocerlos mejor. Luego comenzaron los años de estudio formal. Sin embargo, su familia, que vivía en Berlín, tuvo que huir de la degollina nazi y se refugió un tiempo en España, para luego verse obligada a buscar nuevos horizontes; por fortuna los Eisner encontraron acogida en Uruguay. Más tarde Thomas vino a Estados Unidos y se graduó en Harvard. En 1957, ya graduado como químico, se trasladó a Cornell.

Su trabajo de 1999 acerca del escarabajo bombardero es un clásico en el estudio del comportamiento de los coleópteros, con el cual dio inicio una fuerte tendencia hacia la biomimesis, pues a partir de sus hallazgos se han perfeccionado extintores, inhaladores y motores, incluso se inventó un nuevo tipo de motor de propulsión aérea. ¿Qué tiene de especial dicho escarabajo de tierra?

Conocer los lenguajes silenciosos de estas especies ha permitido a un grupo de investigadores idear en fecha reciente una estrategia para combatir a los moscos que transmiten enfermedades infecciosas, como el dengue, la fiebre amarilla y el Zika. Consiste en volver sordos a los machos, de manera que les resulte imposible aparearse. No se trata de eliminarlos, pues forman parte de las cadenas polinizadoras, sino de controlar su diseminación.

“Estos insectos (los escarabajos bombarderos) se topan con un obstáculo serio a lo largo de su vida”, me dijo Eisner, “pues a diferencia de otros insectos voladores, les toma tiempo desplegar sus alas. Esta condición los hace vulnerables ante sus depredadoras naturales, las hormigas, por lo que a lo largo de la evolución biológica desarrollaron un sistema de defensa químico muy eficaz”.

Conocer los lenguajes silenciosos de estas especies ha permitido a un grupo de investigadores idear en fecha reciente una estrategia para combatir a los moscos que transmiten enfermedades infecciosas, como el dengue, la fiebre amarilla y el Zika. Consiste en volver sordos a los machos, de manera que les resulte imposible aparearse. No se trata de eliminarlos, pues forman parte de las cadenas polinizadoras, sino de controlar su diseminación.



Gracias a un minucioso examen sabemos que el borde de su cola está equipado con un par de glándulas, mediante las cuales es capaz de disparar su munición en forma gaseosa, una mezcla de peróxido de hidrógeno e hidroquinona. Cuando el animal contrae su esfínter, dicha mezcla se agrega a diversas enzimas catalíticas y todo sale disparado a 100°C. Los catalizadores actúan sobre el peróxido de hidrógeno y la hidroquinona.

El primer compuesto se convierte en agua y vapor, liberando así un átomo de oxígeno por cada molécula de peróxido; tal mezcla se combina enseguida con las moléculas de hidrógeno liberadas de la hidroquinona. El calor que genera la severa reacción de hidrógeno y oxígeno hace que el resto de las sustancias químicas también se transformen, de manera que el vapor en expansión causa una explosión. Enseguida la válvula rociadora se cierra para proteger los órganos del escarabajo *Carabidae*, insólita característica que comparte con otras especies de escarabajos terrestres, como son *Paussinae*, *Paussini*, *Ozaenini* y *Metriini*.





Algunas clases de escarabajos bombarderos o braquínidos pueden dirigir sus rociadores y disparar en casi cualquier dirección con la ayuda de placas deflectoras. Es sabido que todos ellos alcanzan sus objetivos con la precisión de un francotirador. Eisner me platicó el encuentro de un gran sapo con uno de estos coleópteros.

En lugar de intentar escapar del anfibio bufónido, el escarabajo decidió rendirse, en apariencia, pues en el momento en que el agresor intentó atraparlo con su larga lengua, disparó una oleada de chisquetes de gas ardiente, hasta quinientas veces por segundo. No fue necesario que el depredador recibiera un nuevo baño, pues el ataque defensivo, ejecutado en menos de un segundo, había resultado fulminante. En el caso de que el sapo hubiera logrado tragárselo, lo más probable es que más pronto que tarde terminaría por regurgitarlo.

Ahora sabemos también que los dos compuestos son transportados a través de tubos muy delgados, donde se secretan los catalizadores. Como podría esperarse, dichos tubos se encuentran separados del tracto digestivo y su estructura está hecha de un material especialmente resistente al calor, pues de otra manera el escarabajo terminaría achicharrado.

“Esta secreción es literalmente una explosión química que el escarabajo ha generado a fin de sobrevivir como especie en el concierto de la evolución”, afirmó. “Es un sofisticado mecanismo de ataque cuando se trata de una presa, y de defensa cuando se trata de un depredador”.

Hay otras formas que los insectos emplean con el propósito de neutralizar diversas sustancias venenosas, dijo Eisner. Las polillas macho, por ejemplo, cuando son orugas, comen cierto tipo de planta que contiene una molécula letal. A ellos no les afecta, la asimilan en su cuerpo y, cuando son adultas y se aparean, transmiten a la hembra dicha sustancia, la cual, a su vez, la incorpora en el huevo que habrá de poner. Lo asombroso de esta forma hereditaria de supervivencia es que, durante el encuentro, el macho le informa a su pareja la cantidad de veneno que consumió durante su etapa larvaria. Es una manera de enterar a la novia de cuán grande será el regalo esa ocasión.

Le pregunté acerca de los primeros pasos de la ecología química.

“Todo salió por que nos dimos cuenta de que gran parte de la interacción entre los propios insectos, así como entre éstos y las plantas, las aves, los animales y los seres humanos, indefectiblemente participan moléculas químicas como intermediarias”.

Eisner habló en tercera persona no por falsa modestia, sino porque su trabajo solo puede concebirse en equipo. Siguió exponiendo algunas razones que llevaron al nacimiento de esta disciplina.

“Tan distraídos estamos por la comunicación auditiva y visual que olvidamos cuánto dependemos de la comunicación mediante el intercambio de moléculas químicas. Para mí, el aire no es más que un vehículo que utilizan las plantas, los insectos, los animales superiores, las aves, los pájaros y los humanos con el propósito de establecer alguna clase de comunicación. Y el intercambio no es trivial, está en juego el encontrar o no pareja sexual, hallar o no alimento para uno y sus crías, la defensa y el ataque entre depredadores y presas. Así nació la ecología química, una disciplina que devela lo que hay escondido en la naturaleza, su lado misterioso”.

¿En qué sentido?

“Se trata de algo que está ahí, pero que no vemos ni escuchamos, solo el interesado o interesada de su especie puede detectarlo. Un ejemplo de lo complejo que son estas redes intersociales es el de las cucarachas. El macho es atraído por la hembra mediante una sustancia química que ella expulsa en cantidades tan pequeñas que no ha sido posible construir un instrumento de detección tan fino”.

“Todo salió por que nos dimos cuenta de que gran parte de la interacción entre los propios insectos, así como entre éstos y las plantas, las aves, los animales y los seres humanos, indefectiblemente participan moléculas químicas como intermediarias”.



Pero eso no los detuvo. Eisner y sus colaboradores examinaron entonces las antenas de las cucarachas, así como el rastro que dejaban en una hoja de papel, o bien analizaron sus glándulas. Al extraer la sustancia, emparar con ella un palillo con algodón y acercarla a los machos que estaban en otra caja, encontraron que todos respondían al estímulo, como si se tratase de una verdadera hembra. Para saber a ciencia cierta que había una sustancia y cuál era su composición química fue necesario tomar decenas de miles de muestras.

Eisner no tenía dudas, este lenguaje secreto de las especies representa el instrumento más estable y antiguo que se ha utilizado para comunicarse, ya sea durante el ataque o la defensa, para colaborar o para practicar el individualismo.

“Descubrimos que el sistema de señales químicas es esencial, quizás el más importante recurso evolutivo”, comentó. “Hace algunos años uno de mis estudiantes quería saber cómo se daba el intercambio molecular entre algunas plantas, qué lenguaje les era útil, por ejemplo, cuando estaban siendo atacadas por un grupo de insectos. Encontró que, en tales condiciones, la planta herida desarrollaba ciertas sustancias que liberaba en el ambiente y, al ser arrastradas por el viento, eran detectadas, digamos, por un árbol cercano, el cual, de esa manera, podía desarrollar su propio material químico para anticipar un ataque de insectos”.

Se dieron cuenta de que apenas empezaban a entender el rumor químico de la naturaleza.

“Entre más nos enteramos de lo que hay donde nadie ha mirado antes, más confirmamos que apenas comprendemos la intrincada red de señales. También nos dimos cuenta de que, como especie, estábamos interfiriendo en procesos naturales, milenarios, de los cuales no teníamos la menor idea sobre su estructura, ni mucho menos de los caminos que ha seguido, no en un proceso de perfeccionamiento, sino de selección natural, a veces irracional y cruel a los ojos humanos”.

Uno de los primeros indicios mostró cuánto daño estábamos haciendo ya desde hace décadas en varios sistemas de señalización química a nivel planetario, como es el caso del plancton oceánico.

“Los derrames de petróleo en los mares son una verdadera pesadilla, ya que, cuando las cadenas de este líquido viscoso se descomponen en el agua, extraen la señal química que utiliza el plancton para comunicarse. Así que podrá usted ver que estamos tomando acciones sin saber lo que estamos haciendo en realidad. Nuestro trabajo ha sido puramente científico y ha contribuido a despertar conciencias”.

Eisner estaba convencido de que el motor de la evolución tiene una base química sobre la cual se construyen los procesos genéticos en todas las especies, ya sean plantas, animales o insectos. Esto implica que la genética y el pensamiento evolutivo se complementan.

Según él, si Darwin hubiese sabido de los genes, habría sido un decidido defensor del control genético sobre los procesos biológicos. Incluso se puede pensar que la capacidad de hacer cultura está dominada por una causa genética, no cultural. Hacemos cultura por influencia del medio, pero antes hay que tener la capacidad, por ejemplo, de hacer arte y poesía, y eso está escrito en nuestro ADN.

“Estoy convencido de que los mecanismos evolutivos operan bajo controles genéticos. El medio puede influir en la manera en que esos genes se expresan, aunque estoy convencido de que es sobre todo en el material genético donde están los límites de respuesta al ambiente”, afirmó.

¿Piensa usted que la evolución se da por saltos repentinos o de manera gradual?

“Para mí está muy claro que la evolución de las especies se ha dado a diferentes velocidades. El registro fósil permite inferir largos periodos donde parece no haber gran cosa, y de pronto, en algunos miles de años, se dan grandes cambios. En mi opinión no existe una dicotomía: el que a veces se acumulen pequeñas presiones selectivas a lo largo de periodos muy prolongados no impide que, súbitamente, se generen cambios adaptativos más o menos bruscos. Es la manera en que la evolución plantea su juego”.

Y en este juego hay antagonismo y mutualismo. La penicilina es un buen ejemplo, adujo Eisner. Sabemos que es un hongo que produce una bacteria, la cual se alía a nuestro organismo, por ejemplo, y mata a otra bacteria, nociva para los humanos. Entonces se da una batalla territorial, pues el hongo busca expandirse para encontrar nutrientes que se hallan en lugares ocupados por la bacteria nociva.





Compiten y, luego de liberar sustancias químicas tóxicas, gana la penicilina. Este es un caso de comunicación antagónica. Por otro lado, la comunicación mutualista es obvia en la atracción sexual y el apareamiento, donde ambos socios obtienen ventajas como individuos y como miembros de una especie en su lucha por perdurar. Hasta antes de abrir este campo de investigación científica, los estudiosos se centraban en lo acústico, como el trino de los pájaros y las señales de las ballenas y delfines, o en lo visual.

La manera como los simios y otras especies de primates se mueven. Cuando pudimos contar con técnicas de análisis del mundo microscópico, toda una ventana se abrió y las cosas comenzaron a ser explicadas de una manera dramáticamente distinta. Ahora podíamos observar la manera en que las moléculas químicas hacían actuar a las diferentes especies”.

Reconocido como uno de los pioneros del documental de la naturaleza, confesó que su primera experiencia ocurrió en un viaje al desierto de Arizona, cerca de Agua Prieta, México, que es una zona espléndida para el estudio de animales nocturnos. Se había propuesto observar el comportamiento de insectos atrapados en telarañas y, al cabo del tiempo, notó que las arañas seleccionaban sus platillos. Algunos insectos eran liberados aún con vida, mientras que otros eran guardados para la merienda.

“Edward y yo estudiamos juntos, y creo firmemente en sus postulados. Considero trascendentales sus estudios sobre las hormigas, las termitas y las abejas. Si uno logra entender las ideas que se desprenden de tales estudios, podrá comprender las estructuras esenciales que soportan la vida de los animales superiores. Captar el comportamiento de los insectos permite entender el resto de los sistemas sociales en el planeta, incluyendo el humano”.

Las arañas se acercaban a ellos, los tocaban y, si no les gustaba, cortaban la tela alrededor del atrapado. Eisner confeccionó una lista de los comestibles y los indeseables. Resultó que estos últimos tenían en común moléculas que son muy interesantes para los humanos: los esteroides.

Durante un verano completo alimentó a un pájaro con unos quinientos ejemplares de entre una variedad de cien especies de insectos. Elaboró otra lista, en esta ocasión de cuáles eran los que le gustaban y los que no. Uno que encontró desagradable fue la luciérnaga. Nadie antes había trabajado en las sustancias químicas de esta especie de coleóptero, así que cuando lo hicieron, encontraron una nueva clase de esteroide.

Son de especial importancia dichas moléculas, pues estamos hablando de sustancias como el colesterol, la cortisona, la testosterona, los estrógenos y las hormonas. Descubrimos una manera distinta de protegerse por parte de las luciérnagas que los pájaros las engullan. No solo eso, también descubrieron que había otra especie de luciérnaga que no era capaz de producir dicho esteroide. Y, sin embargo, lo obtenía comiéndose a las primeras.

¿Cómo lo hacen?

“Poniéndoles trampas luminosas. Imitan el patrón de señales luminosas que hembras y machos emplean para atraerse. Cuando la pareja potencial viene en busca de pareja, lo que encuentra es a un depredador. Así se hace de la sustancia química preciada, e incluso puede pasársela a sus huevos”.

Edward O. Wilson, fundador de ese polémico campo que es la sociobiología, fue muy amigo de Eisner.

“Edward y yo estudiamos juntos, y creo firmemente en sus postulados. Considero trascendentales sus estudios sobre las hormigas, las termitas y las abejas. Si uno logra entender las ideas que se desprenden de tales estudios, podrá comprender las estructuras esenciales que soportan la vida de los animales superiores. Captar el comportamiento de los insectos permite entender el resto de los sistemas sociales en el planeta, incluyendo el humano”.



¿En qué sentido?, insistí.

“En el más profundo y amplio. Luego de mirar el comportamiento social de insectos, termitas y abejas siento una mayor conmiseración por las debilidades humanas. Pero al mismo tiempo admiro más nuestras fortalezas. Soy más tolerante cuando entiendo por qué somos como somos, por qué acumulamos riquezas, por qué pasamos el tiempo de ocio de la manera que los hacemos, por qué peleamos por territorios, por qué nos sacrificamos y sabemos colaborar para obtener ventajas mutuas. La socio-biología debería ser leída en sus textos originales y, más tarde, tratar de emprender la crítica. Creo que el libro de Wilson, *On human nature*, debería ser leído por todos”.

También le pregunté sobre la manera como entendía la relación entre la música y el estudio del lenguaje químico.

“Para mí, arte y ciencia están relacionadas por ser actividades humanas fundamentales. Pero son distintas por el efecto que me producen y por las reglas que impone el ejercicio de cada una. Si hago una investigación que no está llevándome a nada, pongo una cantata de J. S. Bach y me siento mejor, eso es todo”.

En su opinión, la ciencia es más sencilla, pues lo único que se necesita es que el experimento pueda ser repetido en cualquier parte y momento. Lo otro, lo subjetivo, lo artístico, apela al misterio.

“No es necesario explicar el porqué, simplemente hay que saber que mis gustos musicales forman parte de mi cultura, de la influencia que ejercieron mis padres en mi formación”.

Me habló de una maravillosa experiencia con uno de sus primeros estudiantes cuando llegó a Cornell, Roger Payne. Se hizo famoso porque fue el primero en grabar los sonidos de las ballenas jorobadas. Se enteró de que Eisner estaba dando unas conferencias en Nueva York y fue a verlo. Durante la cena le dijo: ‘Tengo algo para usted’.

“Para mí, arte y ciencia están relacionadas por ser actividades humanas fundamentales. Pero son distintas por el efecto que me producen y por las reglas que impone el ejercicio de cada una. Si hago una investigación que no está llevándome a nada, pongo una cantata de J. S. Bach y me siento mejor, eso es todo”.

Al día siguiente se presentó en su laboratorio con una cinta de audio en una grabadora; lo invitó a escucharla. Fue una experiencia inolvidable, sin duda musical, aseguró Eisner.

“Desde luego”, aclaró, “no creo que las ballenas se propongan hacerlo, su primer motivo es comunicarse. Luego resulta que otra especie, la humana, puede apreciar esas señales auditivas y, en su contexto cultural, pensar que es música. Y ahora hemos cultivado ese peculiar vínculo estético-emocional con ellas, lo cual es un agradable hallazgo”.

Le pregunté si creía que los animales tienen conciencia del dolor, de sí mismos como individuos. Ponderó nuestra arraigada necesidad de subjetivizar las cosas.



“Por lo general, cuando vemos un color cada quien aprecia distintos matices. Pero podemos ponernos de acuerdo hablando. En este sentido tan antropocéntrico, es casi imposible determinar si una culebra está consciente del dolor al pisarla. Sin embargo, no necesito saber si un animal puede percibirlo para saber que no necesito maltratarlo, que merece respeto como organismo independiente de mí. Basta mirar la reacción de un perro cuando lo lastimamos por accidente. Es muy parecida a la nuestra. Con eso es suficiente.

¿Piensa que hacen cultura?

“La cultura es la transmisión de tradiciones de una generación a otra. Así, las abejas que han polinizado ciertas flores, al regresar al panal lo hacen impregnadas de sustancias químicas que caracterizan a esas plantas; de esa forma se transforma el ambiente del panal en donde crece la nueva generación de abejas. Cuando a éstas les toca salir en busca de néctar, lo más probable es que prefieran ese tipo de flores y no otras. ¿Eso es cultura? Pienso que sí, pues la información se transmite para preservar, en este caso, una tradición aromática que habrá de permitirles producir una miel propia. Cultura sencilla, pero cultura al fin. Creo que la sociobiología y la evolución darwiniana no han hecho más que devolvernos la humildad a los humanos, desterrando la idea de que podemos explotar los recursos como nos venga en gana y de que merecemos un trato especial en el planeta por ser tan listos. Quizás no lo seamos tanto”.



SUPLEMENTO MERCURIO VOLANTE

CARLOS CHIMAL
EDITOR

NORMA ÁVILA JIMÉNEZ
ARTURO CAMPOS
JULIÁN D. BOHÓRQUEZ CARVAJAL
ULISES CORTÉS
ALBERTO CASTRO LEÑERO
ANDRÉS COTA HIRIART
FRANCESC DAUMAL I DOMÈNECH
CARMINA DE LA LUZ RAMÍREZ
MARIO DE LA PIEDRA WALTER
LORENZO DÍAZ CRUZ
CARLOS FRANZ
FRANCISCO GARCÍA OLMEDO
SIANYA ALANIS GONZÁLEZ PEÑA

JOSÉ GORDON
GERARDO HERRERA CORRAL
ROALD HOFFMANN
PIOTR KIELANOWSKI
JUAN LATAPÍ ORTEGA
ELÍAS MANJARREZ
ARTURO MENCHACA ROCHA
CELINA PEÑA GUZMÁN
GABRIELA PÉREZ AGUIRRE
OCTAVIO PLAISANT ZENDEJAS
ROSALÍA PONTEVEDRA
LUIS FELIPE RODRÍGUEZ
JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON
JUAN TONDA MAZÓN
JUAN VILLORO
COLABORADORES

HIPÓCRITA LECTOR

MARIO ALBERTO MEJÍA

DIRECTOR GENERAL

IGNACIO JUÁREZ GALINDO

DIRECTOR EDITORIAL

ROBERTO CORTEZ

REVISIÓN

OSCAR COTE PÉREZ

DISEÑO EDITORIAL

GERARDO TAPIA LATISNERE

DIRECTOR DE RELACIONES PÚBLICAS

BEATRIZ GÓMEZ

DIRECTORA ADMINISTRATIVA

Hipócrita Lector, diario de lunes a viernes.
Dirección: Monte Fuji 20, Fraccionamiento La Cima, Puebla. CP. 72197 Correo: atencion.hipocritalector@gmail.com
Editor responsable: Ignacio Juárez Galindo
Permisos Indautor, Licitud y Contenido: En trámite
Todos los materiales son responsabilidad exclusiva de quien los firma.



EN PORTADA:
El lenguaje desconocido de las especies