Centro de Investigaciones Cerebrales

10 AÑOS ¡CELEBRANDO el CEREBRO!

COORDINADORES
Elizabeth Vázquez Narváez
Ma. Rebeca Toledo Cárdenas
Ma. Elena Hernández Aguilar
Jorge Manzo Denes

Universidad Veracruzana
Dirección Editorial

Centro de Investigaciones Cerebrales

10 AÑOS ¡CELEBRANDO el CEREBRO!

Elizabeth Vázquez Narváez
Ma. Rebeca Toledo Cárdenas
Ma. Elena Hernández Aguilar
Jorge Manzo Denes

COORDINADORES

Universidad Veracruzana
Dirección Editorial

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Sara Ladrón de Guevara
RECTORA

María Magdalena Hernández Alarcón
SECRETARÍA ACADÉMICA

Salvador Tapia Spinoso
SECRETARIO DE ADMINISTRACIÓN Y FINANZAS

Octavio Ochoa Contreras
SECRETARIO DE LA RECTORÍA

Édgar García Valencia
DIRECTOR EDITORIAL

CENTRO DE INVESTIGACIONES CEREBRALES

Jorge Manzo Denes
COORDINADOR

María Rebeca Toledo Cárdenas
COORDINADORA DE LA SEMANA MUNDIAL DEL CEREBRO

Elizabeth Vázquez Narváez
EDICIÓN

Andrea Martínez Marroquín
DISEÑO DE PORTADA E INTERIORES Y FORMACIÓN

Primera edición, 28 de noviembre de 2017

D.R. © Universidad Veracruzana
Dirección Editorial
Hidalgo núm. 9, Centro, CP 91000
Xalapa, Veracruz, México
Apartado postal 97
diredit@uv.mx
Tel./fax (01228) 8 185980; 8 181388

ISBN: 978-607-502-620-6

Impreso en México / Printed in México

CONTENIDO

9 **Introducción**
Jaime Fisher y Salazar

13 **Diez años alcanzando sueños**
María Rebeca Toledo Cárdenas

22 **¿Qué es, cómo funciona el cerebro?: pregúntenle al cerebro**
Porfirio Carrillo Castilla

25 **¿Por qué estudiar cómo funciona el cerebro?**
Consuelo Morgado Valle
Luis Beltrán Parrazal

29 **El cerebro de los niños**
Jorge Manzo Denes
Daniela Monje Reyna

34 **Un universo en nuestro cerebro**
Luis Isauro García Hernández
Lizbeth Vásquez Celaya
Amiel Tamariz Rodríguez

37 **Cerebros asombrosos en vertebrados**
César Antonio Pérez Estudillo

41 **Historias de neurociencias: ¿nacemos o nos hacemos?**
Genaro Coria Ávila

45 **Algunos cerebros ladran**
Pedro Paredes Ramos

49 **Viaje al centro del cerebro, una mirada microscópica**
María Leonor López Meraz
Ángel Alberto Puig Lagunes
Eliseo Velazco Cercas
Isaac Zamora Bello
Dulce Mariely Álvarez Croda
Florencia Chena Becerra

53 **Microglía: los centinelas del cerebro**
Miguel Rogelio del Ángel Pérez Pouchoulén

58 **El cerebro en movimiento: los reflejos en la vida diaria**
Luis Isauro García Hernández
Jaime Rafael Gutiérrez Pérez
Zuleyma Samaria Hernández Briones

62 **El cerebro: órgano maestro en el arte y el deporte**
José Ramón Eguibar Cuenca
Juan Manuel Ibarra Hernández
Alfonso Mora Bolaños
Ma. del Carmen Cortés Sánchez

72 **La tubería del cerebro**
Pablo Pacheco Cabrera
Miguel Lara García

78 **Disculpa, ¿te conozco?: el reconocimiento de rostros desde las neurociencias**
Eliane Ronzón González
Juan Fernández Ruiz

81 **¿Por qué los humanos tenemos experiencias religiosas y espirituales?**
Luis Beltrán Parrazal

85 **Bueno, y a todo esto, ¿qué rayos tiene que ver el cerebro con la comida?**
Jorge Manuel Suárez Medellín
Carmen Aguirre Torres

89 **¡Mi cerebro me estresa y me engorda!**
Deissy Herrera Covarrubias
Viridiana Sánchez Zavaleta
Fabiola Pérez Soto
Alejandro Mateos Moreno

93 **Cáncer de mama y cerebro**
Fausto Rojas Durán
Mariana Giezi Jiménez Buendía
Jesús Antonio Lara Reyes

96 **La próstata: tu compañera de vida**
María Elena Hernández Aguilar
David Antonio Muñoz Zavaleta
María Lourdes Cocotle Romero
María Karina Serrano Castillo

100 **Rehabilitando un cerebro con Alzheimer**
Gonzalo Emiliano Aranda Abreu
Jorge Antonio Martínez Díaz
Georgina Jimena Angel Sánchez Rodríguez
Beatriz Adriana Lara Fontes

104 **Cerebro y adicción**
Marta Asunta Miquel Salgado-Araujo

108 **El sueño y sus enfermedades**
Carolina Peña Escudero
Fabio García García

117 **Inteligencia, aunque sea artificial**
Héctor Gabriel Acosta Mesa

121 **Cerebros robóticos**
José Negrete Martínez

125 **Papá, quiero ser neurocientífico**
Rolando García Martínez

129 **Los niños y la ciencia en la Semana Mundial del Cerebro (Epílogo)**
Janette Rivera González

134 **Bibliografía**

146 **Diez años celebrando el cerebro**

INTRODUCCIÓN

Jaime Fisher y Salazar

Investigador SNI-I del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana (UV). Economista por la UV, con Maestría en Economía por el Centro de Investigación y Docencia Económica, así como Maestría y Doctorado en Filosofía de la Ciencia por la Universidad Nacional Autónoma de México. *Contacto: jaime.fisher@gmail.com*

Una de las escenas más memorables de la cinematografía mundial es sin duda el momento en que *Moon Watcher* –el *Australopithecus* a partir del que presumiblemente evolucionó la especie humana–, lanza al aire el fémur que él mismo ha convertido en la primera herramienta, y ésta, a su vez y al compás de Strauss, se transforma en una nave espacial. En esos segundos de la cinta *2001: una odisea del espacio*, el genio de Kubrick sintetiza la historia de la humanidad que, si además es también la historia del conocimiento y de la técnica, lo es solo porque antes ha sido la historia evolutiva del órgano biológico que las posibilita: el cerebro.

Esta cosa resulta poco agradable a la vista y al tacto, y solo Hannibal Lecter y los aficionados a los tacos de sesos podrían decir que resulta agradable al gusto. Sin embargo, es la joya de la corona evolutiva: el cerebro humano en particular es la forma que ha utilizado el Universo para tomar consciencia de sí mismo. La historia evolutiva de la vida en general y del sistema nervioso central humano es el camino que conduce de la materia inerte a la conciencia y la razón, es el Universo auto-organizado en la más compleja forma de que tengamos conocimiento. Y el cerebro no podría ser muy distinto al mismo Universo del que ha emergido: no solo es más complejo de lo que imaginamos, sino más complejo de lo que podríamos llegar a imaginar.

El conocimiento de este órgano de apenas un kilogramo y medio de peso es el objeto de estudio de muchas disciplinas en distintos niveles, que van desde las áreas neurales que controlan las funciones básicas del organismo, hasta los mecanismos que subyacen a su estructura molecular, pasando por el nivel de las neuronas y de grupos interconectados de ellas y, desde luego, el conjunto de terminales nerviosas que nos conectan con el "mundo externo." Por comodidad, se ha dado en llamar neurociencias a ese conjunto de disciplinas que abarcan la fisiología, la química, la biología en sus distintas ramas, la psicología y hasta la filosofía, en particular la filosofía de la mente vinculada a la filosofía de la acción.

Aunque el propósito del libro que el lector tiene en sus manos consiste más en interesarlo en este fascinante tema que en presentarle nuevos resultados experimentales, los artículos que aquí

se han compilado tienen el denominador común subyacente en las preguntas que orientan a las neurociencias, a saber, determinar en la medida de lo posible –dado el estado de la tecnología utilizable en la experimentación–, cómo es que nuestro cerebro se ha originado tanto en la historia evolutiva (filogénesis) como en el desarrollo de un embrión y de un individuo (ontogénesis) y, junto a ello, la de cómo adquiere y estabiliza sus funciones y, eventualmente, cómo la tecnología podría mejorarlo o, en su caso, curar sus enfermedades.

Se asume –y no podría ser de otra manera dado el talante naturalista utilizado en sus enfoques por los autores–, que la adaptación es la principal función de las estructuras cerebrales tal y como fueron forjadas en el proceso evolutivo. De ahí que es solo atendiendo y estudiando las funciones del sistema nervioso en su conjunto y sus relaciones con el medio ambiente que podremos en algún momento entender mejor ese sistema y estar en condiciones de responder a preguntas sobre el qué, el cómo, el por qué y el para qué de su existencia.

Pero nos encontramos con un muy serio problema, tanto desde el punto de vista de las disciplinas experimentales que confluyen en las neurociencias como desde el punto de vista de la filosofía, problema que Emerson Pugh puso en los siguientes términos: "Si el cerebro humano fuera tan simple que lo pudiéramos comprender, seríamos tan simples que no lo podríamos comprender." Nuestra complejidad cerebral parece ser, por un lado, determinante de nuestra capacidad para describir, explicar y comprender los fenómenos del mundo; pero, al mismo tiempo, esa asombrosa complejidad constituye el objeto de estudio de la neurociencia y de la filosofía de la mente.

En la neurociencia se da el fenómeno más sorprendente de recursividad: el cerebro intentando comprenderse a sí mismo. Pero no podemos saltar por encima de nuestra sombra, es decir, no podemos estudiarlo desde otro lugar que desde el propio cerebro. A imagen y semejanza de la célebre metáfora del barco de Neurath, al cerebro funcionando solo podremos comprenderlo desde el propio cerebro funcionando, en el entendido de que conforme avance nuestro conocimiento estará cambiando –por ese mismo hecho– tanto el objeto como el sujeto de estudio, forjándose una transacción inagotable de la cual ninguno de los dos puede jamás escindirse. No parece haber empresa científica y filosófica más difícil ni más fascinante.

El así llamado problema mente-cuerpo es el problema estados mentales-sistema nervioso. ¿Cómo han evolucionado los sistemas nerviosos y los cerebros junto a las funciones cognitivas y los estados mentales?, ¿cómo se hallan, en su caso, relacionados ambos fenómenos? Cualquiera que sea la respuesta –si es que finalmente puede producirse una respuesta– no es posible buscarla fuera de la naturaleza; de ahí que las preguntas filosóficas más obstinadas sobre la posibilidad del conocimiento y el origen de la mente tengan que ser planteadas y enfrentadas atendiendo a los resultados obtenidos por las ciencias naturales, y en particular por la biología, la neurociencia y la psicología.

Esto implica que no habría una diferencia ontológica entre el cerebro, por un lado, y la mente, por otro, puesto que esta última es una cualidad y un conjunto de procesos emergentes del primero: puede haber cerebros sin funciones mentales pero no puede haber mentes sin funciones cerebrales. Así, el desarrollo de la neurociencia tiene –o más bien debería tener– fuertes

repercusiones filosóficas, particularmente en epistemología y en filosofía de la mente en general. La idea básica es que si los procesos físicos del sistema nervioso central y periférico se hallan asociados causal y transaccionalmente con la experiencia consciente, entonces la filosofía de la mente, la epistemología y, sobre todo, la axiología (teoría de los valores) tendrían que tomarse muy en serio los avances y resultados derivados de la biología y de las neurociencias, puesto que las cualidades mentales humanas no trascienden ni pueden violar las leyes de la naturaleza (si lo hicieran no podrían ser objeto de ciencia alguna). A esta posición de inicio en filosofía se le conoce como naturalismo, y suele expresarse como la idea básica de un *continuum* entre ciencia y filosofía, y la imposibilidad de reducir o subsumir alguna de ellas a la otra.

Además, el cerebro no es solo un órgano biológico. En su supervivencia y en su desarrollo tiene un papel muy importante, desde luego, el medio ambiente físico, pero sobre todo el cultural; de tal manera que la complejidad de las condiciones socioculturales incide en la complejidad de las habilidades del sistema cerebro-mente, tales como la conciencia de sí y del entorno, el aprendizaje, la conciencia moral, el lenguaje articulado y simbólico, la empatía, la cooperación, el "mundo de los valores," etc. Que nuestro cerebro no sea solo un simple órgano biológico nos distingue del resto de los bichitos no humanos, haciendo de nosotros seres bioculturales. Una muy buena parte de lo que somos lo debemos más a la cultura que a la natura. Nuestro sistema nervioso central tiene la habilidad para sobrevivir y también para bienvivir; aunque esto último solo se consiga de manera ocasional y contingente. El cerebro no solo es capaz de producir una respuesta biológica adaptativa respecto al medio ambiente, sino que también es apto para producir una sonata, un poema, una receta de chiles en nogada, para organizar un sistema de instituciones económicas y políticas, o para preguntarse sobre su propio origen, el del cosmos entero, y sobre los deberes humanos en tal escenario. Las preguntas básicas con que empezaron la ciencia y la filosofía, a saber: ¿qué es el Universo?, ¿qué es el hombre?, y ¿qué hace o debe hacer el hombre en el Universo? es posible formularlas solo a partir de la complejidad cerebral, y solo a partir de ésta misma será posible algún día darles alguna respuesta, así sea falible, tentativa y provisional. De ahí la necesidad y pertinencia de intentar vincular más estrechamente a la neurociencia con las ciencias humanas, en particular con la sociología, la antropología y, por supuesto, con la filosofía.

Lo anterior está orientado por resultados experimentales obtenidos en las propias neurociencias. El cerebro no solo ha evolucionado junto a la especie, sino que en un sentido muy importante evoluciona a lo largo de su propia biografía mediante lo que Edelman llama "darwinismo neural". En su transacción con la tecnosfera –un medio ambiente cada vez más poblado por artefactos tecnológicos y simbólico-culturales– el cerebro muestra una plasticidad asombrosa para responder a esos cambios de muy corto plazo, modificando con ello el abanico de respuestas posibles para el organismo, respuestas que ya no solo tienen que ver con la mera supervivencia, sino con la bienvivencia. En este sentido, el cerebro sería tanto el mecanismo de variación como de selección de los mapas neurales eventualmente capaces de producir prácticas de bienestar, individuales y colectivas, pues,

como nos recuerda Ortega siempre que puede, el mero perseverar en su ser de lo biológico es solo condición de posibilidad para el vivir bien en lo cultural, que es lo que en última instancia importa; claro, solo mientras estemos vivos, es decir, solo mientras nos morimos, como decía el personaje de Vargas Llosa.

Los textos aquí compilados, aunque cada uno por motivos distintos, serán capaces de despertar en un público amplio el interés por el estudio y conocimiento del principal instrumento de conocimiento, de estudio, y ocasionalmente de sabiduría; la maravilla más grande en el hombre y ante el hombre: el órgano que nos hace ser lo que somos y lo que podamos llegar a ser. El cerebro es por ello nuestro órgano favorito, pese a la conocida opinión de Woody Allen en contra.

10 AÑOS ALCANZANDO SUEÑOS

Ma. Rebeca Toledo Cárdenas

Investigadora SNI-1 del Centro de Investigaciones Cerebrales (*Cice*) de la Universidad Veracruzana (UV) y coordinadora general de la Semana Mundial del Cerebro del *Cice*. Bióloga por la UV, con Maestría en Neuroetología por la misma institución y un Doctorado en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma Metropolitana. *Contacto: rtoledo@uv.mx*

Los hombres pez

"Una mañana del mes de junio de 1943 me dirigí a la estación de ferrocarril de Bandol, en la riviera francesa, para hacerme cargo de una caja de madera expedida desde París. Contenía un nuevo y prometedor artefacto, resultado de años de esfuerzo y de ilusión, un pulmón automático de aire comprimido, propio para la inmersión, concebido por Emile Gagnan y yo. Corrí con él hacia Villa Barry, donde me esperaban mis compañeros en tantos buceos Philippe Tailliez y Frédéric Dumas. Ningún niño abrió jamás un regalo de Navidad con tanta excitación como nosotros cuando desembalamos el primer "aqualung" o pulmón acuático. Si marchaba bien, el buceo sería revolucionado."

Así inicia el primer capítulo de *El mundo silencioso de Jacques Yves Cousteau*, el magnífico libro del oficial naval francés, explorador e investigador que estudió el mar y sus formas de vida. Así inicia también mi aventura en el mundo de la ciencia, hace muchos años ya. Por azares del destino, este libro llegó a mis manos a través de mi abuelo, Tomás Toledo, que no era científico, pero sí un culto autodidacta. Entre cosas viejas y polvorientas estaba este magnífico ejemplar que empecé a hojear con gusto. Como a cualquier niño, de escasos diez años, lo primero que me llamó la atención fueron las fotos. En ellas se veía a un hombre flaquísimo metiéndose al mar junto con sus compañeros, con aditamentos para respirar bajo el agua y, por primera vez, sin la estorbosa escafandra. Para mí, fue amor a primera vista, luego de ver esas impresionantes fotos y leer lo que (ahora comprendo) fue mi primera lectura de divulgación de la ciencia, es que decidí ser bióloga marina. Al cabo de los años, obtuve mi título de

licenciada en biología por la Universidad Veracruzana (UV), aunque mi paso por el mar nunca ha tenido fines científicos sino puramente vacacionales. Mi camino por esta hermosa carrera me guio por varios "nichos ecológicos", hasta que finalmente decidí dar el salto a las neurociencias. Pero fue el libro de Cousteau el que despertó en mí una especie de ansiedad por querer saber más y, con ello, cumplió uno de sus más nobles cometidos, pues como expresó otro excelente científico, el Dr. Carl Sagan: "la divulgación científica tiene éxito si, de entrada, no hace más que encender la chispa del asombro".

Pero, ¿qué es concretamente la divulgación científica? Hay muchas definiciones, no obstante, hoy nos quedaremos con aquélla que la describe como: "el conjunto de actividades que interpretan y hacen accesible el conocimiento científico a la sociedad". En otras palabras, se trata de que todo aquéllo que los científicos producen, y que exige un lenguaje y unas herramientas de trabajo muy especializadas, sea dado a conocer a la mayor cantidad de personas, pero de una forma sencilla, accesible y divertida.

Ciencia para todos

Casi podría asegurar que hay algo en común en las personas que tienen una trayectoria científica y de divulgación: la lectura de algún libro que atrapó su imaginación. Quién no ha gozado con historias fantásticas como las de Julio Verne, Mary Shelley, Aldous Huxley, H.G. Wells, Isaac Asimov y tantos otros. Estas historias tienen la maravillosa capacidad de encender la chispa de la imaginación y "del querer saber más". En mi caso, otro libro que tuvo ese efecto fue *El hombre terminal*, de Michael Crichton. Su lectura fue, sin duda, lo que finalmente decidió mi destino hacia las neurociencias. Se trataba de una historia de ciencia ficción, en donde un hombre (Harry Benson) sufre de epilepsia psicomotora y presenta conductas suicidas durante sus ataques. Los neurocientíficos que lo tratan deciden que es un candidato idóneo para una intervención sin precedentes, la cual consiste en implantar unos electrodos y un miniordenador en su cerebro para controlar los ataques (¡hoy sabemos que la fantasía alcanzó a la realidad!). Al leerlo, mi interés por estos temas creció; pues debo decir que en mi familia está presente esta enfermedad y aunque nunca me dediqué a su estudio, saber cómo funciona el cerebro fue importante desde aquel momento. Por otra parte, además de leer libros de ciencia ficción, tuve la fortuna de ver programas de divulgación científica, los cuales me condujeron amablemente por el camino del conocimiento en estos temas. Así fue como aprendí que el entendimiento del mundo a través de la ciencia puede ser algo muy interesante, ameno, accesible y divertido; un buen ejemplo de ello son los fabulosos libros de Carl Sagan, Stephen Hawking, Jane Goodall, Neil Degrasse y, por supuesto, mi héroe de infancia Jacques Cousteau; aunque la lista podría ser mucho más extensa si incluimos a importantes científicos-divulgadores mexicanos.

Dando a conocer nuestro cerebro

Estudiar y entender el cerebro se remonta a la historia del hombre mismo. Sin embargo, queda todavía un largo camino por recorrer para desvelar los secretos de este órgano complejo y dinámico que

controla nuestro cuerpo y mente. Por otra parte, comunicar de manera eficiente a la población los descubrimientos y avances acerca del cerebro también resulta una ardua tarea. A través de los años se han generado un sinfín de mitos e información falsa avalados por una pseudociencia que nada tiene que ver con el método científico.

En cambio, lo que sí es una realidad indiscutible es el hecho de que en el mundo existen millones de personas que padecen alguna enfermedad cerebral, lo que ha llevado a los neurocientíficos a redoblar esfuerzos en materia de investigación. Como resultado, en las últimas décadas se ha obtenido más información que en toda la historia previa de la humanidad.

En este contexto, fue que surgió la necesidad de crear organizaciones y sociedades profesionales que agruparan a investigadores de distintas áreas del conocimiento dedicados al estudio del sistema nervioso. En 1969, Estados Unidos (EU) reconoció la importancia de contar con una agrupación internacional potencialmente capaz de incrementar las investigaciones sobre el cerebro para acelerar el conocimiento sobre su estructura y función, y decidió crear una sociedad científica trinacional junto con Canadá y México. Con esta visión se fundó la Society for Neuroscience (SFN) o, en nuestro idioma, Sociedad de Neurociencias. Al día de hoy, ésta es la organización científica más grande en el campo de las neurociencias, cuenta con casi 40 mil miembros en más de 90 países y más de 130 Capítulos en todo el mundo; por supuesto, estos números siguen incrementándose año con año. Como autoridad mundial en el estudio del cerebro, la SFN ha insistido en destacar ante los sectores de gobierno la importancia de este

trabajo; como respuesta a ello, el 17 de julio de 1990 el entonces presidente de EU, George Bush (padre) emitió la Proclamación 6158; parte de su discurso ese día fue el siguiente: *"El cerebro humano, una masa de aproximadamente un kilo y medio de peso, es una de las maravillas más magnificentes de la creación… de la que tenemos todavía mucho que aprender… y a la que debemos dedicarle mucho más esfuerzo en investigar... por ello, yo, George Bush, presidente de los Estados Unidos de Norteamérica, proclamo a esta década (del 1 de enero de 1990 al 1 de enero de 2000) como la Década del Cerebro".*

Con esta proclamación, se impulsó de manera importante, en EU y muy pronto a nivel mundial, la investigación sobre el cerebro, apoyando a sociedades científicas para nuevos estudios en este campo.

Dana una fundación con mucho cerebro

Además de la SFN, existe otra importante organización llamada *Dana Foundation*, cuya función es apoyar la investigación y promoción de las neurociencias; sin fines de lucro, impulsa particularmente la conciencia pública sobre los avances y beneficios de la investigación del cerebro a nivel mundial. Con esta idea, la Fundación produce publicaciones gratuitas, coordina la campaña de la Semana Internacional de Concientización del Cerebro y apoya a los neurocientíficos a través de su sitio web (*www.dana.org*) para que compartan información actualizada y accesible a todos los niveles posibles a través de la divulgación.

Esta organización también apoya la investigación clínica en neurociencia y neuroinmunología y su interrelación con la salud humana. Para difundir todo este trabajo, en 1996 se creó la *Brain Awarenes Week* (BAW por sus siglas en inglés) o Semana Mundial del Cerebro en nuestro idioma, la cual se celebra anualmente entre la segunda y tercera semana del mes de marzo con tres objetivos puntuales: divulgar entre la población cómo funciona el cerebro y cuáles son sus enfermedades; sensibilizar a la sociedad acerca de la importancia que tiene la investigación científica en el campo de las neurociencias, y combatir el estigma de los desórdenes cerebrales a través de la educación.

Cerebro veracruzano

Las universidades mexicanas tienen una larga e importante trayectoria en el desarrollo de las neurociencias. Pero por razones evidentes aquí destacaremos el trabajo de la Universidad Veracruzana, particularmente de su Centro de Investigaciones Cerebrales (*Cice*), dedicado al estudio del sistema nervioso desde hace varios años y con frutos académicos a nivel nacional e internacional. Además de la investigación y la enseñanza, pues cuenta con un Doctorado en Investigaciones Cerebrales, el *Cice* también realiza una importante labor de divulgación dirigida a la sociedad veracruzana.

En noviembre de 2007, en la ciudad de San Diego, California, Estados Unidos, el *Cice* propuso que Xalapa se sumara al grupo de ciudades que organizan la **Semana Mundial del Cerebro**. Así, nuestra capital se convirtió en la primera ciudad del estado de Veracruz en divulgar entre nuestra población lo importante que es realizar investigación científica en el campo de las neurociencias.

Nuestro primer evento de la Semana Mundial del Cerebro se realizó en 2008 en la ciudad de Xalapa y fue una buena oportunidad para mostrar una parte de la cara oculta de nuestra realidad local en relación con enfermedades cerebrales. Una parte crítica del público la formaron niños, jóvenes y familias xalapeñas, quienes no solo se divirtieron, sino que se acercaron a pedirnos información para entender mejor a sus enfermos y ayudarlos en la medida de sus posibilidades. Al evento llegaron personas con padecimientos como los siguientes: ataxia cerebelar, Alzheimer, Parkinson, epilepsia, adicción al alcohol y otras drogas, autismo, síndrome de Rett, entre otros.

A partir de este momento, asumimos como un compromiso ineludible informar a la sociedad sobre nuestras investigaciones y al mismo tiempo nutrirnos de sus experiencias, pues solo así podremos seguir acercándonos al diseño de nuevas terapias para incrementar la calidad de vida de quienes sufren enfermedades neurales, mejorar los tratamientos y, en el futuro, incluso encontrar la cura de algunas de ellas. En este sentido, nos enorgullece decir que a partir de la celebración de las semanas del cerebro nuestro grupo inició varias líneas de investigación muy importantes; por ejemplo, la de autismo y la de ataxias cerebelosas, las cuales han tenido excelentes frutos en cuanto a información y terapias. Por supuesto, las líneas previamente establecidas en el *Cice* (epilepsia, Alzheimer, cáncer relacionado con el sistema nervioso, respiración, relojes biológicos, conducta sexual, etc.) también siguen produciendo resultados.

Experiencia cerebral

Sin duda, cada edición de la Semana Mundial del Cerebro ha traído una gran cantidad de experiencias nuevas. Para nosotros es muy enriquecedor ponerle un rostro a nuestras investigaciones, pues evidentemente estudiar una enfermedad en el laboratorio es muy diferente a ver la problemática en las personas que asisten al evento. Por otra parte, el solo hecho de influir en niños y jóvenes, sembrando la semilla de la curiosidad y, por ende conocimiento, ya es por si mismo un logro. Es por ello que la Semana Mundial del Cerebro se ha convertido en un gran acontecimiento para el *Cice* y buscamos, a través del trabajo conjunto con otras entidades académicas de nuestra casa de estudios, diseñar diversas actividades con un formato que ahora podemos identificar como propio, aunque siguiendo siempre los preceptos de la Fundación Dana.

El camino para la organización del evento es largo. Inicia con la obtención de recursos y el aval de las autoridades de nuestra institución (UV), aunque también se trabaja para obtener recursos externos (económicos y en especie) por parte de instituciones y donadores privados. Para las actividades, que ya consideramos como una verdadera feria de las neurociencias, buscamos sedes dentro de nuestra casa de estudios y espacios públicos en diferentes ciudades. Con satisfacción podemos decir que, a lo largo de estos diez años, hemos recibido el apoyo de una gran cantidad de dependencias y organizaciones. Desde la Universidad Veracruzana hemos contado con el apoyo de la Rectoría, la Secretaría Académica, las facultades de Teatro, Música, Arquitectura y Medicina, así como de nuestro Doctorado en Investigaciones Cerebrales, por solo mencionar algunas. Por parte del Gobierno del Estado de Veracruz, hemos recibido

apoyo de la Secretaría de Educación, el DIF, el Centro de Rehabilitación y Educación Especial (*Creever*) y el Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (*Coveicydet*), además del apoyo de las comunidades de Apazapan, Coatepec, Tlaltetela y Xico. Otra área que ha sido fundamental en la difusión de nuestro evento es la de prensa, radio y televisión, tanto de la misma universidad como externas.

Fríos números, cálidos recuerdos

En ocasiones, hablar de éxito se reduce a hablar de fríos números, pero en nuestro caso estos números significan muchas horas de dedicación y esfuerzo por parte de investigadores, estudiantes y personal administrativo. Por supuesto, también hemos contado con el invaluable apoyo de artistas de diferentes ámbitos (músicos, actores, pintores), terapeutas, estudiantes de licenciatura, de servicio social y de posgrado, así como investigadores especializados. Durante estos años hemos tenido el privilegio de contar con la presencia de un público muy heterogéneo; no obstante, sin minimizar la importancia de cada uno de los asistentes, uno de nuestros más grandes logros ha sido el impacto que hemos causado en niños, jóvenes y personas de escasos recursos y/o con capacidades diferentes. A lo largo de estos diez años hemos contado con la asistencia de alrededor de diez mil personas y deseamos que este número se multiplique en las próximas ediciones. Por otra parte, las actividades han sido tan variadas como la imaginación (y la experiencia) lo ha permitido, ya que se han realizado, conferen-

cias, mesas redondas, obras de teatro, bailes, conciertos, juegos interactivos, actividades deportivas e intelectuales, exhibición de películas con temas sobre el cerebro y un largo etcétera, todo a través de una gran interacción con el público asistente. Cabe mencionar de forma muy especial el apoyo insustituible de la Fundación Dana, pues como he mencionado, nos ha dado acceso a más y mejores ideas para garantizar la calidad de nuestras actividades.

Por otra parte, cada año, investigadores y estudiantes del *Cice* asistimos al congreso de la Sociedad de Neurociencias (en Estados Unidos), donde se celebra una importante reunión internacional para informar acerca de los avances referentes a la divulgación de las neurociencias. Escuchar y compartir experiencias con colegas de todo el mundo ha contribuido a enriquecer enormemente nuestra Semana del Cerebro. Hay que mencionar que el éxito de nuestro evento también se ha reflejado a nivel nacional, ya que existen redes de información denominadas "Capítulos", constituidos por grupos de investigadores que forman equipos de trabajo, con los cuales se intercambia información y experiencias. Nuestro grupo pertenece al "Capítulo Mexicano del Sureste" y está integrado por las universidades de Campeche, Tabasco, Puebla y Veracruz, el cual está registrado formalmente ante la Fundación Dana.

La semilla de la Semana Mundial del Cerebro, diseminada inicialmente por nuestro grupo, ha rendido muchos frutos, sobre todo porque alumnos egresados de nuestro posgrado –que han obtenido una posición como investigadores en otras universidades nacionales y del extranjero– también han impulsado esta actividad en sus espacios. Dentro de nuestra casa de estudios, también otras entidades se han sumado a esta importante labor, ejemplo de ello son el Instituto de Neuroetología y el Centro de Investigaciones Biomédicas.

Corolario

En el transcurso de estos diez años, en el *Cice* nos hemos convencido cada vez más de que divulgar la ciencia puede inspirar a las generaciones futuras a desarrollar su vocación científica. Por ello, propiciamos de manera especial la interacción con niños y jóvenes y consideramos un compromiso inaplazable estimular su deseo de aprender y romper esquemas establecidos; incitarlos a que pierdan el miedo, se preparen y luchen por un mundo más comprensible. En este sentido, también tenemos la esperanza de que nuestro quehacer, pueda impactar de alguna manera a las mentes adultas en su necesidad de informarse, ya sea por curiosidad, para apoyar a sus hijos, o bien para asistir a algún ser querido que ha perdido la salud. Estudiar el Universo, la Tierra, los océanos, o nuestro cerebro, nos permite expandir nuestra mente, descubrir verdades y alejarnos de la charlatanería. Mi perfil académico se inspiró en un soñador aventurero que creía fervientemente en que el camino al conocimiento era la ciencia. Nosotros también deseamos vehementemente que durante estos diez años divulgando las maravillas de este universo interior que es el cerebro, formado por miles de millones de células llamadas neuronas, se haya sembrado esa semilla en las personas que han asistido a la **Semana Mundial del Cerebro.**

¿QUÉ ES, CÓMO FUNCIONA EL CEREBRO?: PREGÚNTENLE AL CEREBRO

Porfirio Carrillo Castilla

Investigador del Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana (UV). Biólogo por la UV, con Maestría y Doctorado en Ciencias Fisiológicas por la Universidad Nacional Autónoma de México. *Contacto: pocarrillo@uv.mx*

Somos nuestro cerebro, lo que él percibe, procesa y crea en las ideas y el lenguaje, en las emociones y el aprendizaje, en el consciente y en el inconsciente, en la vigilia y en el sueño. La historia del estudio de qué es y cómo funciona el cerebro (y más ampliamente el sistema nervioso) es una narrativa vasta y compleja, de ideas, de descubrimientos sobre sus funciones, de las técnicas desarrolladas para estudiarlo; es la descripción de cómo lo hemos pensado en su funcionamiento; de cómo lo hemos desarmado, para entender su estructura; de cómo hemos ido padeciendo sus alteraciones, su envejecimiento; de cómo él mismo se ve a través del espejo de la ciencia, de la filosofía y del arte. La comprensión de la estructura y función cerebral se hace más elusiva cuando descubrimos que el mundo que nos rodea, esa expresión-representación de nuestros sentidos es, a su vez, capaz de cambiar la estructura y función del cerebro.

El papiro Edwin Smith, dado a conocer a principios del siglo XX, demuestra que fueron los egipcios en el siglo XVII a.C. quienes crearon la palabra "cerebro". No obstante, a lo largo de más de diez siglos el cerebro fue todo menos el órgano del pensamiento y la razón: culturas y hombres ilustres de la edad antigua y de la edad media asumieron la idea "cardiocéntrica", para la cual el corazón es el asiento de las facultades superiores del ser

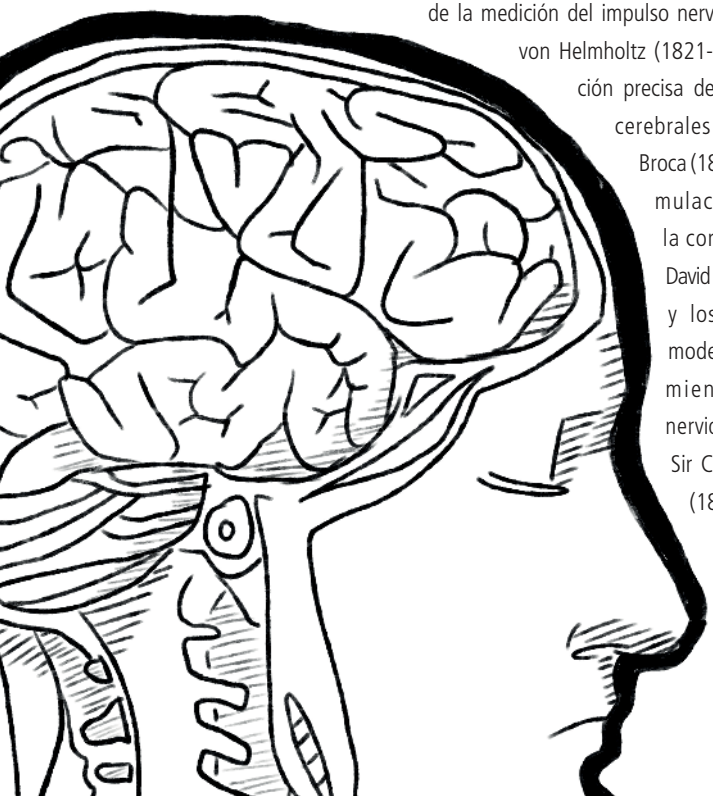
humano. El cerebro se consideraba, entre otras cosas, un órgano refrigerante de las emociones que emanaban del poderoso músculo cardiaco. Debemos a Alcmeón de Crotona (*c.* 450 a.C.) la primera reflexión sobre el cerebro como el órgano que realiza la síntesis de las sensaciones, la cognición y el movimiento. Por ese mismo tiempo, la monumental obra de Hipócrates (460–370 a.C.) sobre la enfermedad sagrada (la epilepsia) asume una idea "encefalocéntrica". El cerebro será reconocido como la fuente del placer, del pensamiento, del temor, la locura, las risas, los gozos; se reconoce que por él distinguimos lo bueno de lo malo, que por su causa enloquecemos y deliramos. Sin embargo, es hasta Galeno (130-200 d.C.) cuando el encefalocentrismo –con la inconmensurable ayuda de la ciencia y medicina islámica– gana la total preeminencia médica para entender el pensamiento y las emociones del hombre. Es el tiempo en el que el cerebro pierde también su unidad y se estudia e identifica la importancia funcional y anatómica de sus distintas partes.

La anatomía del cerebro asume un papel central en su comprensión. La manipulación del cerebro animal y humano, más que su simple observación o la comprensión de él por la lectura de libros previos, se inicia como método de estudio en necropsias o cirugías con Leonardo da Vinci (1492-1519), realizador del primer molde de cera del cerebro, y el extraordinario disector Andreas Vesalio (1514-1564) con su obra fundacional de la anatomía científica *De Humani Corporis Fabrica*.

El pleno desarrollo de una visión mecánico-química, surgida con el mecanicismo de los siglos XVI y XVII, alcanzaría en el siglo XIX a las ciencias de la vida. La formulación de la teoría celular y el desarrollo pleno de la microscopía, el desarrollo de la teoría de la selección natural de Darwin-Wallace, el conocimiento de la genética y sus mecanismos, y la revelación de que el mundo podría ser analizado de manera reduccionista e instrumental gracias al análisis químico de la materia orgánica. Todo el desarrollo de las disciplinas científicas actuales que estudian el cerebro están basadas en estos cimientos científicos. De la psicología evolutiva que nos revela que nuestra capacidad cerebral es una más en el reino animal, la neurobiología que analiza al cerebro con los métodos clásicos de la biología, o las ciencias cognitivas y su obsesión de ver al cerebro como una computadora, o los reveladores estudios de Daniel Gilbert que nos demuestran las falsas ideas que construimos sobre nosotros mismos y nuestras vidas. Es importante señalar que la visión científica del cerebro y sus funciones, no extingue ni hace menos importante el análisis filosófico de las funciones mentales, de hecho, la síntesis anatómica de la mente y el cuerpo asignada a la glándula pineal por Descartes (596-1650) es aún una síntesis discutida, negada o afanosamente buscada.

Uno de las hallazgos más importantes y revolucionarios se debe a los experimentos de Luigi Galvani (1737-1798), quien, junto con su esposa y sobrino, en experimentos replicados por Humboldt, revelaron la comunicación eléctrica, uno de los mecanismos biofísicos más poderosos de la comunicación en el sistema nervioso. A partir de este hallazgo el surgimiento de la electrofisiología será eje central para el estudio y comprensión de la actividad del cerebro. Otro de los mecanismos centrales en el funcionamiento del cerebro, su composición química, también inició su desarrollo entre los siglos XVII y XVIII con los trabajos pioneros de Johann Thomas Hensing (1683-1726), quien obtuvo

fósforo del tejido cerebral, con la química analítica de Antonie Francois De Fourcroy (1755-1804), quien identificó la albúmina en el cerebro, y del aislamiento del colesterol cerebral por Jean Pierre Coeuerbe (1805-1867). Por su parte, Marshall Hall (1790-1857) estableció el principio revolucionario de los reflejos en la médula espinal. Es Christian Gottfried Ehrenber (1795-1876) quien describe y dibuja por vez primera –en 1836– la célula, el núcleo y las ramificaciones de una neurona. Los hallazgos finiseculares del siglo XIX y la llegada de la gran expansión de la ciencia en general durante el siglo XX serían testigos de la medición del impulso nervioso por Hermann von Helmholtz (1821-1894), la localización precisa de ciertas funciones cerebrales por Pierre Paul Broca (1824-1880), la estimulación eléctrica de la corteza cerebral por David Ferrier (1843-1928) y los revolucionarios modelos del funcionamiento del sistema nervioso (los reflejos) por Sir Charles Sherrington (1857-1952). A este último debemos también el concepto de sinapsis. En 1906, con el Premio Nobel, dos de los neuroanatomistas más importantes en la historia, Camilo Golgi (1843-1926) y Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), se nos revelaría que es la neurona la unidad anatómica funcional, el pilar del cerebro, como la célula es la unidad de los seres vivos. El siglo que vivimos, el famoso Antropoceno XXI, nace con el Premio Nobel para tres científicos que representan la gran síntesis de lo que es hoy el estudio multinivel del sistema nervioso del cerebro; Arvid Carlsson (1923-), Paul Greengard (1925-) y Erick Kandel (1929-). Estudiando lo que ahora se conoce como los mecanismos de transducción neuronal (cómo las neuronas a través de su compleja anatomía, electrofisiología y química celular-molecular reciben estímulos, procesan interacciones anatómicas y químicas, y emiten respuestas integradas en el medio interno o externo, síntesis de nuevas proteínas y/o movimientos musculares traducidos a conductas simples o de alta complejidad). Los estudios multinivel de neuroanatomía, neuroelectrofisiología y neuroquímica de estos tres científicos extraordinarios no solo revelan la compleja maquinaria que media la depresión o el aprendizaje, también nos han dejado toda una aproximación metodológica basada en técnicas cada vez más pendientes de analizar los detalles más finos, necesarios e indispensables para integrar de manera más amplia las elusivas explicaciones de lo que pensamos, sentimos y hacemos los seres vivos.



Estudiar el cerebro y/o el sistema nervioso es hoy, como verá el lector de este libro, la más apasionante de las búsquedas científicas, pero también quizá la más difícil; el hombre está aún muy lejos de develar su verdadera naturaleza, aquélla que surge desde su cerebro.

¿POR QUÉ ESTUDIAR CÓMO FUNCIONA EL CEREBRO?

[1]Consuelo Morgado-Valle, [2]Luis Beltrán-Parrazal

[1]Investigadora SNI-2 del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana. Bióloga por la Universidad Nacional Autónoma de México, con Maestría y Doctorado en Investigación Biomédica Básica por la misma institución. *Contacto: cmorgado@uv.mx*

[2]Investigador SNI-2 del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana.

¿Qué hace al ser humano una especie superior?, ¿su capacidad de pensar, de comunicarse, o de resolver problemas? ¿Acaso tenemos un sistema nervioso mejor que el de otras especies?

Los *Homo sapiens,* es decir los seres humanos, pertenecemos al reino Animalia. Claramente nos podemos diferenciar de los organismos unicelulares como las algas y las amibas (reino Protista), las bacterias (reino Monera) y otros organismos multicelulares como las plantas (reino Plantae) y los hongos (reino Fungi). Sin embargo, no somos únicos: compartimos el reino animal con otros organismos multicelulares invertebrados (arañas, caracoles, lombrices, insectos, medusas, corales, etc.) y vertebrados (peces, lagartos, serpientes, ranas, sapos, pájaros y todos los mamíferos).

Todos los organismos del reino animal se comunican con el medio ambiente y con otros organismos a través de su sistema nervioso. No obstante, no todos los organismos del reino animal tienen cerebro, aunque sí un sistema nervioso. Éste puede ser muy simple, como las células que responden a la luz y al tacto, o los grupos de neuronas que controlan segmentos del cuerpo; o muy complejo, como el de los mamíferos; entre los que se destaca el del ser humano, precisamente por su complejidad.

Al estudio científico del sistema nervioso se le llama neurociencia, la cual es reconocida como una rama de la biología y utiliza el método científico –observación, medición y experimentación– para formular y probar hipótesis. Usando otra rama de la biología llamada anatomía (el estudio de la estructura y partes de un organismo), los neurocientíficos hemos dividido al sistema nervioso del ser humano en: central (cerebro y médula espinal) y periférico (nervios y ganglios fuera del sistema nervioso central).

No obstante, hay que decir que los humanos no somos los únicos con sistema nervioso central y periférico y mucho menos los únicos con cerebro. Todos los vertebrados mamíferos y no mamíferos tienen cerebro, médula espinal y sistema nervioso periférico. Sí, el pez en nuestra pecera, el perro que nos mueve la cola cuando está contento, el gato que duerme todo el día, la tortuga en el estanque del parque, la serpiente, la lagartija, el perico, las palomas, los tiburones, los monos, las gallinas, las vacas, los caballos, los cerdos y una larga lista de animales que nos hacen compañía, nos alimentan o nos dan servicio tienen cerebro, médula espinal y sistema nervioso periférico.

Entonces, ¿los vertebrados somos superiores por nuestro sistema nervioso?, ¿acaso los animales invertebrados tales como las almejas, caracoles, arañas, cucarachas, abejas, hormigas, lombrices, mariposas, etcétera, no tienen sistema nervioso? Sí, lo tienen, pero es mucho más simple, compuesto de ganglios y células sensoriales especializadas y, en algunos casos, de un cerebro primitivo. Gracias a ello, pueden saber qué es lo que hay en su ambiente (comida, peligro, etc.) y qué deben hacer en cada circunstancia que se les presenta (huir, atacar, etc.). ¿Esto quiere decir que hay sistemas nerviosos mejores que otros? Tratemos de responder a esta pregunta, planteando algunos otros ejemplos.

El ser humano se diferencia de otros vertebrados por la capacidad de comunicarse mediante el habla. Sin embargo, algunas especies de pájaros se comunican mediante el canto, y los murciélagos, los roedores, y algunos mamíferos marinos utilizan ultrasonidos para interactuar socialmente. El sistema nervioso del ser humano es capaz de resolver problemas, pero también algunos primates no-humanos y algunas aves resuelven problemas para adquirir comida, o para escapar de situaciones de peligro. El sistema nervioso del ser humano es capaz de transmitir información entre generaciones, pero también los perros, las abejas y algunos primates no-humanos. Estos ejemplos pueden darnos pistas a la hora de sacar conclusiones con respecto a si nuestro sistema nervioso es "mejor" o "peor" comparado con el de otros organismos. A final de cuentas, lo que parece más adecuado decir es que: solo es distinto.

El éxito del sistema nervioso de un organismo guarda una relación directa con su capacidad de adaptarse y sobrevivir en su medio ambiente. De modo que todos los sistemas nerviosos son

valiosos en la medida en que permiten la continuidad de la vida. Las cucarachas han sobrevivido millones de años gracias al desarrollo extraordinario de sentidos como la visión: sus ojos compuestos por miles de fotorreceptores les permiten tener visión nocturna, detectando tan poca luz como un fotón cada diez segundos. El ser humano no tiene esta capacidad, ni tampoco el extraordinario olfato de un perro, pero eso no nos hace mejores o peores sistemas nerviosos. En cambio, tenemos la capacidad de reconocernos a nosotros mismos (consciencia). Gracias a esa característica, el ser humano adquiere –cuando tiene entre uno y tres años de edad– la capacidad de reconocer que la imagen en el espejo es la de él mismo. No obstante, esa capacidad tampoco nos hace únicos. Algunos primates no-humanos como los orangutanes y ciertos chimpancés, algunas especies de delfines, los elefantes y algunos pájaros como la urraca europea reconocen su imagen en un espejo; es decir, están conscientes de ellos mismos. ¿Y qué tal la capacidad de tener recuerdos y usarlos para tomar decisiones?, ¿eso sí nos hace únicos? No, tampoco. La capacidad de reconstruir y evaluar recuerdos para tomar decisiones ha sido descrita en mamíferos, sobre todo en primates y en ratas y ratones de laboratorio.

El éxito del sistema nervioso de un organismo guarda una relación directa con su capacidad de adaptarse y sobrevivir en su medio ambiente, un ejemplo exitoso de ello, son las cucarachas, que han sobrevivido millones de años.

¿Qué hace al ser humano un animal extraordinario?, ¿por qué es tan singular nuestro sistema nervioso? Quizá la respuesta más relevante es que es el único capaz de estudiarse a sí mismo y a otros. Aunque esa respuesta suena simplista, es una clara muestra de la complejidad de nuestro sistema nervioso: da cuenta de sí mismo y de su entorno, observa, experimenta y diseña hipótesis. Otra posible respuesta es: la complejidad con que realiza todas las tareas que le aseguran la supervivencia. Por ejemplo: el sistema nervioso del ser humano ha desarrollado herramientas complejas, nuevas e inexistentes en la naturaleza, surgidas de la evaluación de *sus* necesidades en *su* entorno y de la integración de la información que adquiere del medio externo con la evaluación interna de sus recuerdos. Además, ha desarrollado múltiples formas de comunicarse; por ejemplo, la gran variedad de idiomas con sonidos y símbolos complejos. También ha extendido su capacidad de comunicación más allá de los órganos diseñados para ello, es decir, más allá de la emisión y recepción de sonidos, ha desarrollado lenguajes de señas para las personas sordas y sistema braille de alto-relieve para ciegos. Gracias al desarrollo de la pintura y la escritura, ha transmitido el conocimiento no solo a su descendencia inmediata (hijos y nietos), sino a varias generaciones después, separadas por cientos o miles de años. Ser consciente de sí mismo

y desarrollar herramientas nuevas permite al sistema nervioso resolver problemas tomando decisiones basadas en sus experiencias. De hecho, en la representación que el sistema nervioso hace del cuerpo incorpora a las herramientas como una extensión de él.

Una tercera característica única de los seres humanos es la capacidad de desarrollar tecnología. Nuestro sistema nervioso ha desarrollado extensiones de sí mismo para comunicarnos: desde el telégrafo, hasta los teléfonos celulares; para vernos en la distancia: desde binoculares hasta *Skype*; para potenciar nuestros sentidos: desde lentes que corrigen la miopía hasta implantes cocleares que permiten al sordo oír; desde marcapasos cardiacos hasta prótesis de brazos y piernas que permiten a las personas amputadas controlarlas con señales eléctricas de los músculos remanentes. Gracias al desarrollo de tecnología hemos modificado el ambiente para asegurar nuestra supervivencia, modificando la temperatura, la cantidad de luz, la disponibilidad de agua. Además, mediante técnicas de biología molecular hemos modificado a otros organismos: plantas para hacerlas resistentes a plagas; animales de granja para alimentarnos y de laboratorio para entender cómo funcionamos. Sin embargo, aunque pareciera que esta capacidad de modificar el ambiente nos hace más exitosos como especie, desde el punto de vista biológico nos ha desadaptado de él.

EL CEREBRO DE LOS NIÑOS

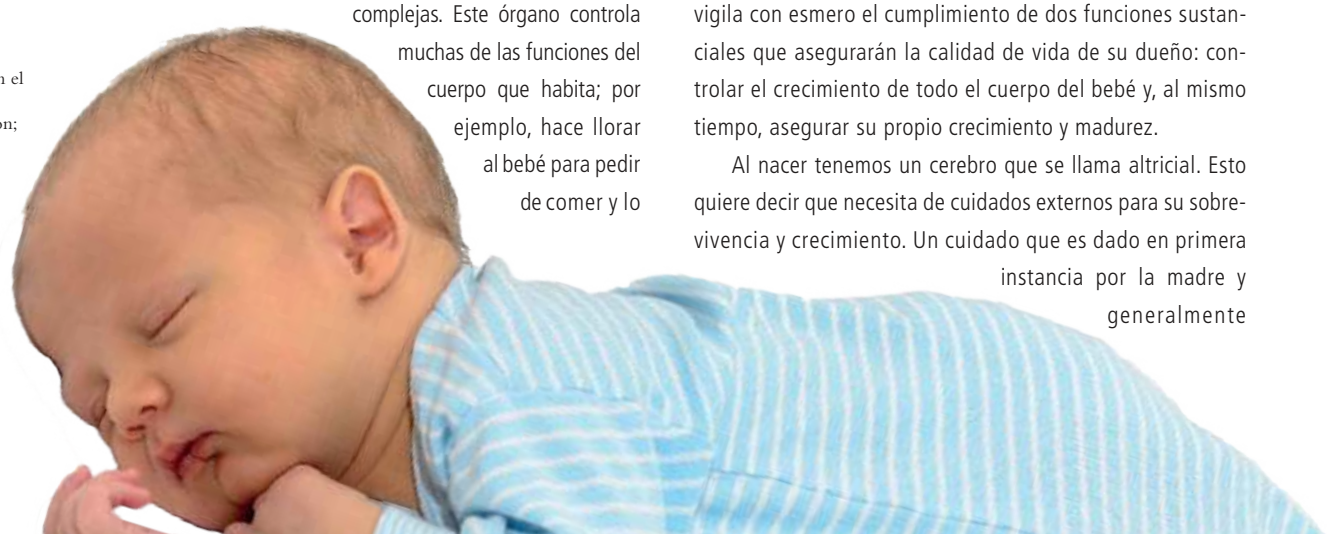
[1]Jorge Manzo Denes, [2]Daniela Monje Reina

[1]Investigador SNI-2 y Coordinador del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana (UV). Biólogo por la UV, con Maestría en Biología de la Reproducción por la Universidad Autónoma de Tlaxcala y Doctorado en Ciencias Fisiológicas por la Universidad Nacional Autónoma de México. *Contacto: jmanzo@uv.mx*

[2]Estudiante del Doctorado en Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana.

Cuando vemos a un recién nacido en los brazos de su mamá, pocas veces caemos en cuenta de que, aunque es muy pequeñito, adentro de su cabeza hay un cerebro realizando tareas muy complejas. Este órgano controla muchas de las funciones del cuerpo que habita; por ejemplo, hace llorar al bebé para pedir de comer y lo hace dormir durante largas horas para permitir que tengan lugar ciertas funciones imposibles de realizar cuando permanece en vigilia. En breve, ese pequeño cerebro toma el mando y vigila con esmero el cumplimiento de dos funciones sustanciales que asegurarán la calidad de vida de su dueño: controlar el crecimiento de todo el cuerpo del bebé y, al mismo tiempo, asegurar su propio crecimiento y madurez.

Al nacer tenemos un cerebro que se llama altricial. Esto quiere decir que necesita de cuidados externos para su sobrevivencia y crecimiento. Un cuidado que es dado en primera instancia por la madre y generalmente



El desarrollo del cerebro de un individuo inicia en el vientre materno, durante la gestación; continúa una vez que el bebé nace, y no cesará sino hasta que el sujeto tenga 21 años de edad.

acompañado por el padre. Aunque es preciso decir que el cerebro se empieza a formar mucho antes del nacimiento. Como sabemos, el embarazo en el humano es de nueve meses, pero muy temprano –apenas un mes y medio después de iniciada la gestación– ya podemos ver en el feto al cerebro en formación. Las neuronas en ese momento se están generando a un ritmo impresionante: ¡alrededor de 250,000 por minuto! Y no solo se están formando, también están empezando a establecer sinapsis, que es el mecanismo a través del cual se comunican entre ellas. Para el cuarto mes de embarazo esas sinapsis empiezan a estar activas y, mes y medio después, empiezan a formar circuitos funcionales.

Pero cuidado, porque esta alta velocidad de formación, crecimiento, comunicación y establecimiento de redes, hace que el cerebro en esos momentos sea muy vulnerable a agentes o "insultos" externos, por lo que debemos evitarlos a toda costa.

Uno de los insultos externos más comunes es la ingestión de alcohol por la madre durante el embarazo. En la década de los setenta se empezó a documentar el efecto que el alcohol produce en el cerebro del feto en desarrollo, y se identificó como síndrome de alcohol fetal. A la fecha, se sabe que la exposición prenatal al alcohol hace que el volumen del cerebro sea menor y presente conexiones anormales, lo que se refleja en cambios conductuales del niño después del nacimiento y que se resumen en dificultades de aprendizaje, bajo control de impulsos, problemas de socialización, déficit en el lenguaje, bajas habilidades para el pensamiento abstracto y las matemáticas, así como problemas de atención, memoria y juicio.

Asimismo, el tabaquismo representa un fuerte insulto para el cerebro fetal (y no menos para la población adulta, entre quienes hay una alta tasa de mortalidad asociada a éste). Al igual que el alcohol, la nicotina del tabaco produce la reducción del tamaño de diversas áreas del cerebro, y modifica la comunicación entre las neuronas en distintos circuitos. Como resultado, uno de los factores de riesgo más documentado es el de la muerte de cuna o síndrome infantil de muerte repentina, ya que se altera de manera importante la actividad de las neuronas cardiorrespiratorias. Por supuesto, otras drogas, como la marihuana o la cocaína, también tienen impactos severos sobre el cerebro en formación, con el consecuente efecto sobre el desarrollo conductual y las habilidades cognitivas de los niños después de su nacimiento.

Existen otros agentes –como los virus– que pueden ocasionar modificaciones al desarrollo del cerebro fetal. El caso documentado más reciente es el efecto del virus del Zika, que aparentemente produce microcefalia, esto es, cerebros de tamaño extremadamente reducido en recién nacidos. Si bien los estudios continúan, el Centro para la Prevención y Control de Enfermedades de los Estados Unidos (CDC por sus siglas en inglés) mantiene la alerta del vínculo entre el virus del Zika y la microcefalia, por lo que es necesario mantenerse atentos. Si bien el desarrollo del cerebro en el feto es un evento finamente orquestado por la genética, es indispensable evitar la exposición a agentes que puedan alterarlo.

No obstante, para un cerebro en desarrollo no solo es importante evitar los insultos externos, sino también tomar acciones que optimicen dicho proceso. Se sabe desde mucho tiempo atrás que el cerebro requiere de atenciones especiales para un creci-

miento adecuado. La primera de ellas se refiere a la alimentación. En 1996, en Atenas, Grecia, se emitió la Declaración de Olimpia sobre nutrición y bienestar físico (desde entonces se celebra un congreso internacional sobre esta temática, cada cuatro años) con el propósito de advertir a la población mundial sobre los beneficios de la buena alimentación y la actividad física en el desarrollo de un individuo de cualquier edad. Posteriormente esta declaración fue revisada para incluir los aspectos científicos sobre "el poder de los alimentos" y "la edad del individuo". De esta manera se planteó la necesidad de consumir, entre otros nutrientes, carbohidratos, proteínas, ácidos grasos esenciales, vitaminas, ácido fólico, magnesio, zinc, yodo, etcétera. Por supuesto, con la concurrente eliminación de insultos como el tabaco, alcohol, drogas o alimentos excesivamente endulzados. Actualmente, se sabe que tan solo estas dos acciones hacen posible evitar alteraciones del aprendizaje, autismo, dislexia y depresión, entre otros trastornos, además de prevenir que los niños, al nacer, tengan bajo peso.

Adicionalmente, el cerebro en desarrollo –y durante toda la vida del individuo– requiere de una oxigenación adecuada. La respiración materna provee de oxígeno al feto en desarrollo; sin embargo, si la oxigenación llega a estar comprometida, esto es, que los niveles de oxígeno respirado por la madre sean bajos, el feto tiene un mecanismo de adaptación conocido como *brain-sparing* o economía cerebral. El feto adapta su circulación para preservar el oxígeno y los nutrientes, redistribuyendo la fuerza cardiaca para incrementar la oxigenación del cerebro. Sin embargo, no es un mecanismo que pueda soportar la baja oxigenación por tiempo prolongado, ya que el feto

corre el riesgo de que se altere la estructura y funcionamiento de la vasculatura cerebral, lo que trae diversas consecuencias que impactan el correcto funcionamiento del cerebro. Por tanto, el buen desarrollo del cerebro en el feto requiere de una apropiada alimentación y oxigenación.

El cerebro del recién nacido también requiere de estas mismas condiciones. La oxigenación autosuficiente inicia con el primer llanto al nacer, disparando el proceso respiratorio. Sin embargo, la calidad altricial de nuestra especie hace que la alimentación dependa de la madre y de la organización de un

complejo de microbios que, en conjunto, se conocen como microbioma. Aunque tenemos millones de microorganismos en todo el cuerpo, el microbioma intestinal es necesario para funciones metabólicas y de protección, con un impacto directo sobre nuestro sistema nervioso, inmunológico y hormonal. En cuanto al cerebro, se sabe que mantiene una estrecha comunicación bidireccional con el aparato digestivo, mediante el microbioma y una compleja vía neural dada por el nervio vago, que en conjunto forman el complejo que da soporte al procesamiento de los nutrientes y, en general, al óptimo aprovechamiento de nutrientes por el recién nacido.

El nutriente fundamental para el recién nacido es la leche materna, que tiene más de 200 ácidos grasos y otros compuestos que la hacen altamente apropiada para el infante y su desarrollo corporal y cerebral. Inmediatamente después del parto, la leche de la madre produce un líquido especial conocido como calostro, rico en componentes inmunológicos y factores de crecimiento –entre otros componentes– y con efectos en el tracto intestinal, la vasculatura y los sistemas hormonal y nervioso del neonato. Después de unos días, la leche contiene factores neurotróficos importantes que estimulan el desarrollo del sistema nervioso entérico, esto es, de aquella parte del sistema nervioso que regula el tracto digestivo del recién nacido, en donde se aloja el microbioma. En resumen, la alimentación es fundamental en el recién nacido no solamente para el desarrollo de su cerebro, sino también para el de otras regiones del sistema nervioso encargadas de transmitir información bidireccional que comunicará al cerebro con el resto del cuerpo.

Asi es como el cerebro empieza su desarrollo en el vientre materno y lo continúa hasta después del nacimiento. De hecho, el cerebro termina de madurar cuando el sujeto alcanza los 21 años de edad. Diversos estudios han permitido vislumbrar cómo esta estructura, la más compleja conocida en la faz de la Tierra, requiere de varios años de maduración para desarrollar la capacidad que permita a un sujeto adulto impactar a su ambiente y, a su vez, estar en condiciones de reproducirse y empezar el ciclo de nutrir y cuidar adecuadamente a un nuevo cerebro altricial.

UN UNIVERSO EN NUESTRO CEREBRO

[1]Luis I. García Hernández, [2]Lizbeth Vásquez Celaya, [2]Amiel Tamariz Rodríguez

[1]Investigador SNI-1 del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana (UV). Biólogo por la UV, con Maestría y Doctorado en Neuroetología por la misma institución. *Contacto: luisgarcia@uv.mx*

[2]Estudiante del Doctorado en Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana.

El cerebro es la estructura más asombrosa, compleja y delicada que existe en el Universo. Está formado por millones de células con innumerables conexiones entre ellas, tantas, como estrellas en nuestra galaxia.

Todas nuestras actividades –ver, cantar, bailar, reír, llorar, pensar, movernos, etc.– requieren de una comunicación continua del cerebro con el medio ambiente. Y para ello, este órgano trabaja en equipo con otra estructura –también muy compleja– llamada cerebelo, un nombre que procede del latín ***cerebellum***, cuyo significado es 'pequeño cerebro'.

El cerebelo, además de ayudar al cerebro ordenando e integrando información proveniente de los sentidos, tiene la capacidad de almacenar recuerdos y ejecutar movimientos. De esta manera, cerebro y cerebelo trabajan conjuntamente, para coordinar información y generar comandos muy simples o de gran complejidad y enviar –a través de la médula espinal– una orden a nuestros músculos (y huesos). Esto genera una reacción ordenada que nos permite, por ejemplo, estirar nuestras extremidades al despertar y prepararnos para levantarnos; hacer actividades tan habituales como ir al baño y vestirnos o, incluso, realizar otras tareas que requieren mucho mayor esfuerzo, como competir en un triatlón.

Es gracias al trabajo en equipo de estas dos estructuras y a sus múltiples conexiones, que los humanos somos capaces de tener una postura erecta y caminar sobre nuestras piernas, ya sea para realizar tareas básicas como tomar una ducha y

trasladarnos a la escuela o al trabajo, o alcanzar logros tan extraordinarios como construir una nave para llegar a la Luna.

El cerebelo, al igual que el cerebro, son parte del encéfalo y ambos se encuentran protegidos por la cavidad craneal. Las funciones del cerebelo son diversas, participa en la integración motora y sensorial, en la memoria, la olfacción y el lenguaje, por solo mencionar algunas; pues en la actualidad aún existen muchas funciones desconocidas que son motivo de diversos estudios.

Ahora, imaginemos que en algún momento de nuestra vida falla una parte de ese gran sistema y que algunas de esas múltiples conexiones dejan de funcionar apropiadamente; todo ese control automatizado y a veces inconsciente con el que contábamos para movernos, vestirnos y comer, ahora se ve alterado. Esto es lo que sucede en las personas que sufren cambios anormales en su sistema nervioso. Por ejemplo, para quien sufre la enfermedad de Parkinson, es como si las estrellas de su cerebro (neuronas) –encargadas de recibir, integrar y enviar las señales adecuadas para el buen funcionamiento– se desvanecieran para siempre, oscureciendo esa zona.

La enfermedad de Parkinson es un padecimiento crónico y degenerativo del sistema nervioso, es decir, que una vez que se presenta acompañará al que la padece el resto de su vida, afectando sus capacidades. La enfermedad se caracteriza por la falta de coordinación de los movimientos y provoca que las personas tiemblen cuando desean quedarse quietas, así como dificultad para iniciar movimientos, los cuáles suelen ser muy lentos una vez que se logran. Estos síntomas se deben a la alteración de una parte del cerebro, la cual deja de comunicarse adecuadamente con el resto de la estructura. En este tipo de situaciones es cuando se da el trabajo en equipo entre el cerebelo y el cerebro. En diversos estudios realizados en pacientes con Parkinson se ha descubierto que el cerebelo modifica su función ante esta enfermedad, a fin de compensar a la región del cerebro que ha dejado de funcionar apropiadamente.

En nuestro laboratorio del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana estamos estudiando el papel del cerebelo ante esta alteración; tratamos de comprender qué pasa en éste durante el temblor. Mediante estudios en un modelo animal de parkinsonismo analizamos la activación y respuestas que el cerebelo genera para responder a las señales que previamente llegaron al cerebro. Suponemos que el cerebelo interviene si alguna señal procedente del resto del cerebro se genera de forma errónea y, mediante su activación, tratará de corregirla para lograr un movimiento correcto.

Desgraciadamente, es mucho lo que falta aún por descubrir sobre las enfermedades del cerebro y aunque son numerosos los científicos que se están encargando de buscar pistas para comprenderlas mejor y ofrecer tratamientos a quienes las padecen, no es una tarea sencilla. Imaginen lo que significaría encontrar en el Universo una estrella enferma y tratar de descubrir qué es lo que la hizo fallar, ¿difícil verdad? Pero no hay que desanimarse, actualmente se tiene la posibilidad de hacer investigación con ayuda de modelos animales, que nos permiten simular estas alteraciones cerebrales. Los modelos animales comúnmente usados son ratas, ratones, monos e incluso peces, ¡sí, peces!, en estos animalitos los científicos –mediante diferentes métodos– recrean algunas alteraciones semejantes a las que padecen las personas con la enfermedad de Parkinson. Con

El cerebro está formado por millones de células con innumerables conexiones entre ellas, tantas, como estrellas en nuestra galaxia.

estos estudios intentamos entender qué es lo que sucede en el cerebro de estos animalitos buscando pistas que contribuyan al conocimiento del inmenso universo que es el cerebro humano.

Actualmente no se tiene cura para la mayoría de las enfermedades del sistema nervioso, por ello es importante entender qué es lo que falla, se afecta y ocasiona que estas células mueran. En los laboratorios de investigación científica existen diversas formas de estudiar al sistema nervioso, que van desde colorear neuronas (mediante técnicas de inmunohistoquímica) hasta escuchar y ver como se comunican entre ellas (registros electrofisiológicos), todas éstas con la finalidad de internarse en la intimad del funcionamiento del cerebro. Mediante el uso de diversas técnicas experimentales se pretende profundizar en el conocimiento de las funciones que se llevan a cabo de manera normal y descubrir cuáles son los procesos que subyacen en las enfermedades que deterioran a nuestro sistema nervioso.

Necesitamos a más personas que quieran adentrarse en el universo cerebral, en donde cada célula es única, al igual que cada estrella que ves en el cielo. Tú puedes ayudar a generar conocimiento sobre esta máquina perfecta y hacer que más personas, curiosas como tú, se interesen en aportar su granito de arena a la ciencia. Recuerda, en tu cabeza hay un universo que puedes utilizar para lo que quieras, cuídalo y aprovéchalo al máximo.

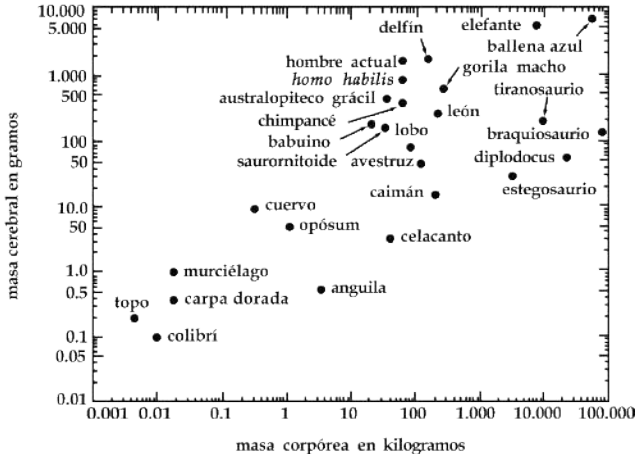
CEREBROS ASOMBROSOS EN VERTEBRADOS

César A. Pérez Estudillo

Investigador del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana (UV). Biólogo por la UV, con Maestría y Doctorado en Neuroetología por la misma institución. *Contacto: cesperez@uv.mx*

Los humanos tenemos habilidades cognitivas muy diferentes a otras especies gracias a las características extraordinarias de nuestro cerebro. Somos capaces, por ejemplo, de imaginar, crear arte, desarrollar tecnología avanzada y sublimar nuestros instintos. Describir estas particularidades sería interminable, pero para acercarnos al conocimiento sobre las grandes diferencias del cerebro humano con respecto a otras especies de vertebrados, podemos centrarnos en cuestiones básicas tales como su peso y tamaño.

El cerebro humano de un adulto pesa en promedio 1,375 gramos (g), mientras que el de los chimpancés –nuestros parientes vivos más cercanos– alrededor de 380 g. Ahora pensemos en el cerebro de grandes vertebrados como el elefante o la ballena gris, ambos con un peso de más de cuatro kilos (4,783 g y 4,317 g, respectivamente), enormes en comparación con el del perro, que pesa apenas 72 g, o el del gato, de 30 g, y ya ni se diga con el de la rata, de tan solo dos gramos.



La tabla que aparece sobre estas líneas muestra la masa cerebral y corpórea de diversas especies animales, permitiéndonos apreciar una notable diferencia entre los peces, reptiles, aves y mamíferos. Estos últimos presentan una considerable

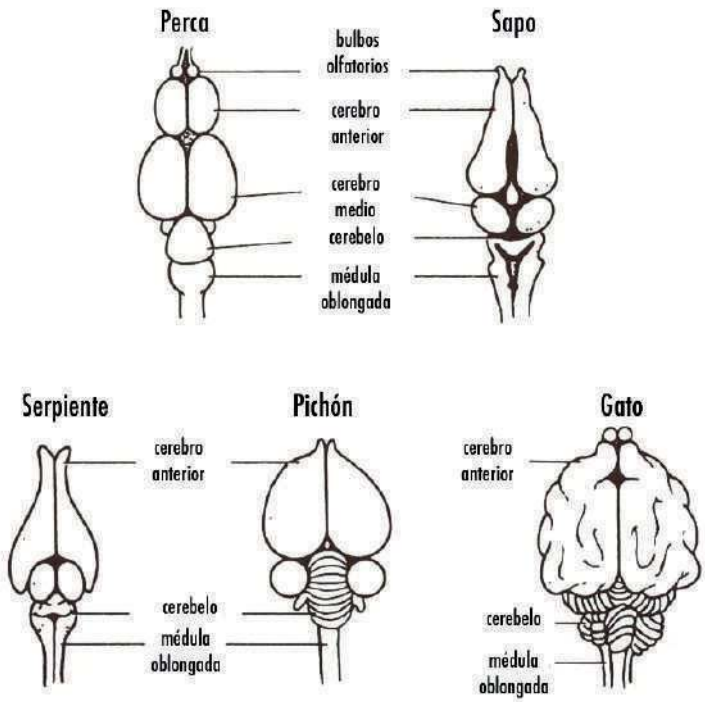
masa cerebral en proporción a su peso corporal, su cerebro puede llegar a pesar de diez a cien veces más que el de los reptiles actuales de tamaño equivalente. Existen abundantes pruebas de que los mamíferos son, en la mayoría de los casos, mucho más inteligentes que los reptiles. De todos los organismos mostrados en este esquema, el animal que posee el cerebro más grande en proporción al peso de su cuerpo es el hombre, al que le siguen los delfines.

En la mayoría de los casos, la diferencia de tamaño entre los distintos cerebros es un reflejo de la expansión evolutiva de la corteza prefrontal. En el humano, esta estructura (la corteza prefrontal) contiene un grupo de neuronas que están involucradas en funciones cognitivas complejas como la percepción, la atención, la comprensión, la memoria, el lenguaje y el razonamiento, entre otras. Todas estas funciones son las que nos hacen humanos y nos diferencian de otras especies.

Como hemos podido leer en líneas anteriores, los animales grandes suelen tener cerebros grandes, pero eso de ninguna manera significa que sean más inteligentes que aquéllos con cerebros pequeños. Lo que sucede es que los animales de grandes dimensiones requieren un gran cerebro para controlar sus inmensos músculos, así como para procesar gran cantidad de información sensorial proveniente de la piel, pero esto no determina la inteligencia del animal. En cambio, existen algunas especies de pequeños vertebrados que tienen características cerebrales asombrosas.

Un buen ejemplo son los pájaros carpinteros, quienes protegen su cerebro con un hueso especial del cráneo y con su pico. Gracias a ello, en estas especies de aves el cerebro no sufre daños por sacudidas o golpes en la cabeza, los cuales son muy frecuentes debido al constante picoteo en los árboles. El cráneo del pájaro carpintero es pequeño, pero muy complejo: representa tan solo el 1% de su peso corporal; sin embargo, la morfología macro/micro del hueso craneal evita el daño cerebral que podría causar el impacto del martilleo. El secreto radica en que el cráneo está compuesto por un hueso hioides grande que desempeña el papel de cinturón de seguridad para su cabeza.

Por otro lado, tenemos al chimpacé. Se ha reportado en diversos estudios, que esta especie de primate homínido puede manejar hasta 300 palabras, articulándolas en oraciones gramaticalmente correctas con el entrenamiento adecuado. Además, es capaz de usar herramientas, realizar pequeños razonamientos y mostrar la inteligencia de un niño de tres años, aunque a diferencia de este último, los chimpancés no colaboran con sus semejantes para conseguir una meta y no tienen la misma capacidad para superar algunas pruebas de conducta social (aprendizaje social, comunicación, comprensión, estado atencional). El cerebro de los primates es, en promedio, de dos a veinte veces más grande que el de los mamíferos no primates de idéntica masa corporal.



Comparación esquemática de los cerebros de un pez, un anfibio, un reptil, un ave y un mamífero. El cerebelo y la médula oblongada (una estructura que es parte del tallo cerebral) forman parte del cerebro posterior.

Vayamos ahora con los delfines, mamíferos acuáticos de la familia de los cetáceos. Existen muchas especies diferentes de delfines, que varían en peso y tamaño, algunas no pesan más que un ser humano y otras llegan a medir hasta nueve metros (por ejemplo, las orcas, erróneamente llamadas ballenas), pero el común denominador de todas estas especies de delfín es que poseen una gran inteligencia. Algunos estudios defienden la idea de que estos animales, después de los seres humanos, pueden ser considerados como las criaturas más inteligentes del planeta. No podemos saberlo con certeza aún, pero el trabajo con los delfines para tratar de entender el funcionamiento de su mente ha puesto en evidencia que existe cierta similitud entre su cerebro y el nuestro, sobre todo en el tamaño y la textura. Pero así como hay semejanzas, también existen muchas diferencias; por ejemplo, nunca duermen con los dos hemisferios del cerebro simultáneamente. Cuando un delfín no está en vigilia, uno de los lados de su cerebro se inactiva completamente, mientras que el otro permanece activo para ejercer distintas funciones corporales, tales como la respiración, la termorregulación y la vigilancia.

Entender cómo funciona el cerebro de los animales y, sobre todo, el humano, es una tarea muy compleja, porque implica conocer a detalle su estructura y funcionamiento tanto en condiciones de salud, como de enfermedad. Lamentablemente, hasta la fecha casi ninguna enfermedad del cerebro, o del sistema nervioso en general, es curable. Así, al mismo tiempo que los logros médicos incrementan la expectativa de vida, la lucha contra diversas patologías neurológicas se hace más marcada.

Los trastornos neurológicos son muy diversos, desde aquéllos que se gestan en el seno materno –como la esquizofrenia o el autismo– hasta los que se manifiestan en las últimas etapas de la vida, como el Parkinson o el Alzheimer. Esto hace que el objetivo primordial en el área biomédica sea la búsqueda para encontrar nuevos y mejores tratamientos para atender éstas y otras enfermedades neurológicas.

En beneficio de ello, el trabajo de investigación requiere del uso de modelos animales, como por ejemplo el ratón o la rata de laboratorio, que facilitan el estudio de las patologías humanas gracias a que su cerebro posee muchas más similitudes que diferencias con respecto a este órgano en los humanos.

Aquí un ejemplo que puede ilustrar lo anterior: una característica de la corteza cerebral es la presencia de giros y surcos, en el humano tiene un promedio de 0.5 cm de grosor, es decir, se puede observar a simple vista. Esta disposición anatómica permite que dentro del cráneo quepa una corteza que, extendida, mediría alrededor de 2,400 cm^2. En cambio, la corteza de la rata es prácticamente lisa y extendida mide alrededor de 6 cm^2. No obstante, en términos anatómicos generales se sabe desde hace muchos años atrás, como lo señaló el médico español especializado en histología y anatomía patológica Santiago Ramón y Cajal, que "una pieza de corteza cerebral de ratón no se diferencia de la del cerebro humano".

Por eso, en el Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana hacemos investigación científica básica a partir del estudio en ratas de laboratorio. El propósito es generar conocimiento sobre la organización y funcionamiento del cerebro y la médula espinal, así como su participación en el control de los mecanismos fisiológicos del movimiento corporal, fisiología hormonal y reproducción. Asimismo, en este centro de investigación se analizan distintas patologías y enfermedades neurodegenerativas para la obtención de conocimientos que aporten estrategias hacia nuevas terapias de atención a enfermedades neurológicas.

HISTORIAS DE NEUROCIENCIAS: ¿NACEMOS O NOS HACEMOS?

Genaro A. Coria Avila

Investigador SNI-2 del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana (UV). Médico Veterinario Zootecnista por la UV, con Maestría en Neuroetología por la misma institucion y Doctorado en Psicología por la Universidad de Concordia, Canadá. *Contacto: gcoria@uv.mx*

Nacemos: El caso de los hermanos Reimer

Bruce y Brian, gemelos varones idénticos de apellido Reimer, nacieron en 1965 en la provincia de Manitoba en Canadá. Su circuncisión no ocurrió en los primeros días de nacidos como regularmente sucede, sino hasta los ocho meses de edad. Quizá los padres hubieran preferido no realizarla de no ser por una fimosis que cerraba el prepucio y obstruía la adecuada micción e higiene genital. La cirugía era "simple", como suelen ser todas las circuncisiones, pero el método para cauterizar los pequeños vasos sangrantes no resultó bien y uno de los gemelos –Bruce– terminó ese día con quemaduras graves del pene que lo harían disfuncional para toda la vida.

La época del conductismo estaba en su máximo esplendor en los años sesenta y su aplicación con relación a los roles de género y desarrollo sexual era liderada por John Money, un exitoso psicólogo y médico psiquiatra del hospital Johns Hopkins en Maryland, Estados Unidos. Los padres de los gemelos lo contactaron, pues era considerado el mejor especialista en el tema a nivel internacional y pensaron que podría ayudarlos a tomar una decisión en relación con el futuro sexual de su hijo.

Bruce fue gonadectomizado a los 24 meses de edad. Sus testículos se removieron quirúrgicamente y los padres fueron instruidos para educarlo como si se tratara de una niña, a quien

a partir de ese momento llamarían Brenda Reimer. El 8 de enero de 1973 la revista *Time* aclamaba, a nivel nacional en la Unión Americana, el éxito de tal transformación y muchos médicos pediatras se convencían de que el cerebro de un infante era neutral al nacer y susceptible de moldearse a través del aprendizaje al momento de definir su género y preferencia sexual. Miles de niños intersexuales (que presentan características tanto de hombre como de mujer) que nacieron en esa época fueron operados y sometidos al cambio de sexo.

Cada año Brenda viajaba con sus padres a su revisión médica y psicológica para darle seguimiento a su reasignación de sexo. Al parecer, siempre fue poco femenina y su juego infantil se parecía más al de los niños. Como no tenía gónadas su médico le prescribió estrógenos en la pubertad, que debían funcionar como hormonas femeninas para permitirle desarrollar características sexuales de mujer. Curiosamente, con el tratamiento hormonal, Brenda comenzó a experimentar deseo sexual hacia mujeres. Esto la desconcertó, al igual que a los padres y al mismo Dr. Money. ¡De acuerdo al conductismo y al tratamiento hormonal recibido eso no debió haber pasado! Brenda debía ser femenina y sentir deseo por los hombres, pero no fue así. El conductismo mostraba sus limitaciones.

Varios años antes (en 1959) Phoenix, Goy, Gerall y Young publicaban en la revista internacional *Endocrinology* sus hallazgos sobre la teoría organizacional del cerebro. En dicha publicación ellos mostraban evidencia en animales de laboratorio (cobayos) de que las hormonas testiculares masculinizaban los tejidos responsables de la conducta sexual masculina. Los datos mostraban cuatro puntos importantes: *1)* que la conducta sexual dependía de hormonas, *2)* que las hormonas recibidas en edad muy temprana organizaban permanentemente al macho, *3)* que existía un periodo crítico en la edad temprana donde solamente podía ocurrir este efecto y *4)* que los andrógenos y sus metabolitos eran los responsables. Esta publicación mostraba –varios años antes del caso de los hermanos Reimer– que existe un efecto permanente de las hormonas en el cerebro.

Desde entonces, cientos de publicaciones científicas han mostrado que la testosterona fetal (o su metabolito, el estradiol) masculinizan el cerebro, principalmente en el último tercio de la gestación, permitiendo que algunos grupos de neuronas permanezcan con vida y formen núcleos de mayor tamaño en varones que en hembras; por ejemplo, en el área preóptica media del hipotálamo. Se sabe que en ausencia de testosterona –como ocurre en las hembras– esas neuronas expresan una muerte programada, lo que resulta en que ciertos núcleos cerebrales sean de menor tamaño.

Muchos autores han discutido con base en la teoría organizacional la función de las áreas cerebrales dimórficas en relación a las preferencias sexuales. Se cree que las áreas organizadas en la etapa fetal (por la testosterona o el estradiol) hacen un cerebro masculino, mientras que en ausencia de dichas hormonas el cerebro se organiza como femenino. Al llegar a la pubertad las gónadas comenzarán a producir hormonas y activarán al cerebro que se haya organizado muchos años antes.

Brenda Reimer recibía estrógenos en la adolescencia que activaron su cerebro masculino y le producían deseo sexual hacia las mujeres. Unos años después, cuando supo la verdad, Brenda

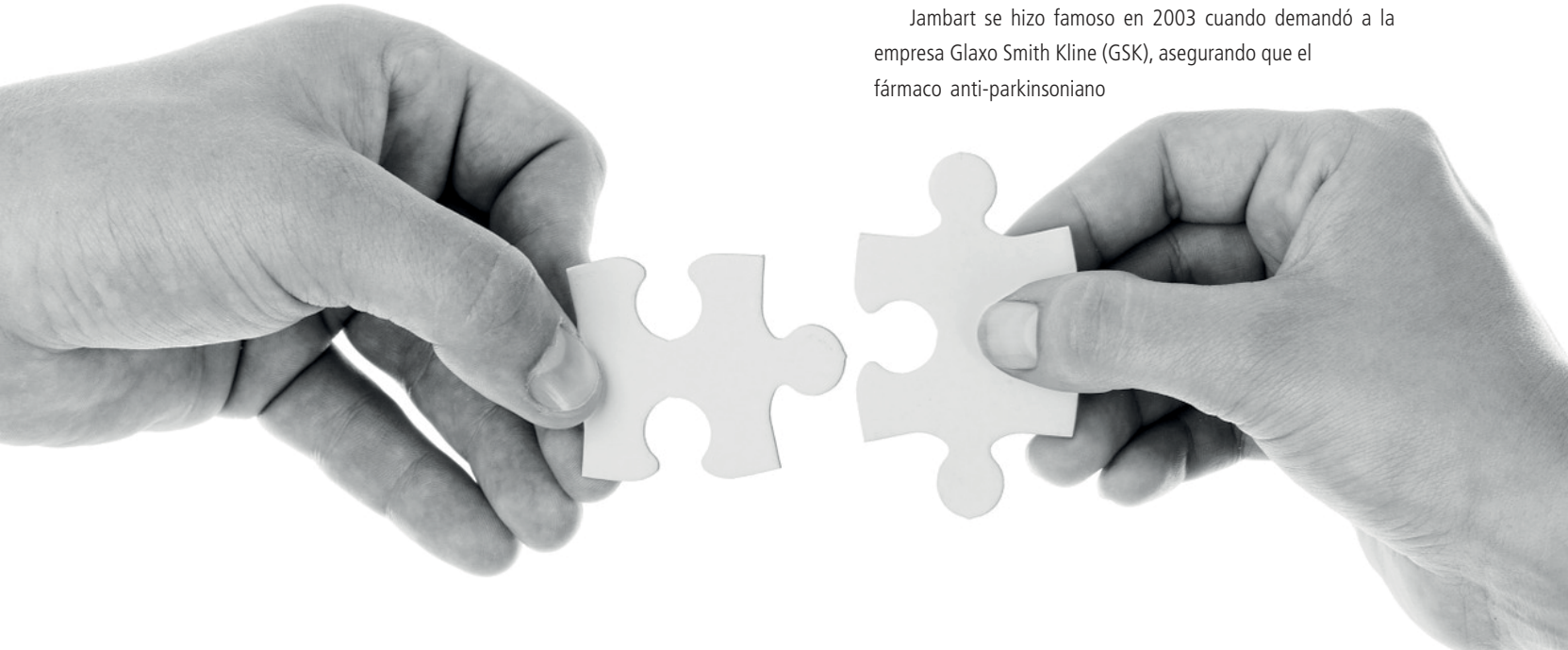
se cambió el nombre a David Reimer. Se sometió a un tratamiento con andrógenos para desarrollar características sexuales masculinas y se casó con una mujer. No obstante, en 2004 David se suicidó, dejando con su historia de casi 40 años mucho aprendizaje para las neurociencias comportamentales.

Esencialmente, lo que nos permite dilucidar esta experiencia es que parte de las preferencias sexuales se organizan en el cerebro por el efecto de las hormonas, en un periodo crítico que abarca el último tercio de gestación y las primeras semanas de vida postnatal. Nuestro cerebro, a través de la motivación que produce, nos indica cómo se organizó.

Nos hacemos: El caso de Didier Jambart

Es verdad, las hormonas organizan nuestro cerebro cuando estamos en el útero y en las primeras semanas de vida. La teoría organizacional de Phoenix y colaboradores sentó las bases neurobiológicas del deseo sexual desde hace casi 60 años. Pero esperen… ¿acaso las preferencias sexuales están entonces fijas en el cerebro desde el útero? ¿y es, por lo tanto, imposible cambiarlas? Quizá la teoría organizacional explique solamente una parte de la neurobiología del deseo. Hay casos como el del francés Didier Jambart que, aunado a algunos trabajos recientes en animales de laboratorio, nos indican que ninguna preferencia sexual está definida para siempre y que incluso en la edad adulta se puede cambiar de preferencia sexual bajo ciertos contextos y una neuroquímica determinada.

Jambart se hizo famoso en 2003 cuando demandó a la empresa Glaxo Smith Kline (GSK), asegurando que el fármaco anti-parkinsoniano



Requip (a base de ropinirole, un agonista dopaminérgico D2) lo convirtió en adicto al sexo gay. De acuerdo a su historia, Jambart era un hombre heterosexual, honorable padre de familia, casado y con hijos. Después de dos años de tomar Requip comenzó a ser adicto a las apuestas y a hacer búsquedas exageradas de sexo gay en internet. Después, comenzó a promoverse en redes sociales para tener encuentros homosexuales. Su historia convenció a la corte francesa, la cual favoreció a Jambart para recibir una compensación de varios miles de euros. La historia sería poco creíble si no fuera porque hallazgos en nuestro laboratorio apoyan con evidencia que los agonistas dopaminérgicos de tipo D2 pueden facilitar el cambio de preferencias aprendidas, a través de un mecanismo de aprendizaje inconsciente, automático y sutil, denominado pavloviano.

Si una rata macho es inyectada con un agonista D2 –como el quinpirole– su cerebro recibirá la droga en menos de un minuto. A partir de ese momento y por las siguientes 24 horas la rata estará en un estado de más motivación, más atención, alta expectativa y aprendizaje facilitado. La presencia de otra rata macho en la misma caja hará que el cerebro de la inyectada esté listo para explorar, investigar, acercarse e interactuar. Este proceso de cohabitación es la base del aprendizaje pavloviano, en el cual el cerebro con alta actividad D2 aprende a ponerle atención, motivarse con él y eventualmente a preferirle. Días después, ya sin necesidad de inyectar el quinpirole la rata macho preferirá al macho con quien cohabitó e ignorará a una hembra sexualmente receptiva.

Tal evidencia sugiere que el caso de Jambart fue similar. Una especulación de nuestro laboratorio es que el tratamiento anti-parkinsoniano (con agonistas D2) puede, en algunos individuos como Jambart, producir hipersexualidad, incrementar motivación, búsqueda, interés y eventualmente contactos socio-sexuales que faciliten el aprendizaje de nuevas preferencias de pareja, incluso hacia el mismo sexo. Es importante aclarar que los medicamentos no cambian la preferencia sexual, pero sí facilitan el aprendizaje pavloviano. Es decir, el cerebro aprenderá más fácilmente de los estímulos o ambientes a los que uno esté expuesto.

Las preferencias sexuales de un adulto son, por lo tanto, un proceso complejo que depende, por una parte, de factores innatos, genéticos, y hormonales, así como de periodos críticos en la infancia que organizan el cerebro. Por otro lado, de factores asociados al aprendizaje bajo cierta química cerebral y experiencias vividas. Finalmente, cada individuo es único y ésta es la causa de la diversidad que, sin duda, nos enriquece como sociedad.

ALGUNOS CEREBROS LADRAN

Pedro Paredes Ramos

Investigador SNI-1, Académico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana (UV). Médico Veterinario Zootecnista por la UV, con Maestría y DoWctorado en Neuroetología por la misma institución y Posdoctorado en la Universidad de Maryland, Estados Unidos. *Contacto: pparedes@uv.mx*

El día que el hombre conoció al perro, se encontró con un individuo muy diferente al polifacético y sociable animal peludo que hoy conocemos. Un día como cualquier otro, pero de hace más de catorce mil años, hombre y perro se conocieron y crearon una alianza que cambiaría el rumbo de sus destinos evolutivos y del planeta entero.

De lobo a perro

Cuentan los arqueólogos, que al final de la última era glacial, cuando el hielo aún cubría la mayor parte de nuestro planeta, lobos solitarios que eran expulsados de sus manadas encontraron en los restos de comida de los primeros humanos una fuente de recursos y de supervivencia a bajos costos. En los tiempos en que el hombre aún se vestía de pieles de oso y su principal fuente de alimentación era la recolección de frutos,

bayas y hongos, la presencia de lobos con baja agresividad y miedo hacia los humanos, significó la oportunidad de crear un aliado que, además de apoyar en tareas de limpieza y cacería, actuaba también como detector de peligros, centinela e incluso como soldado.

Si los beneficios de estar juntos solo hubieran favorecido al hombre, seguro que la historia sería distinta. Sin embargo, desde los primeros contactos, el lobo aprendió que la cercanía con los humanos aumentaba sus posibilidades de supervivencia y satisfacía su necesidad de afiliación por ser un animal gregario. Con el paso de los años, estos lobos se reprodujeron entre sí y dieron origen a generaciones cada vez más dóciles y afectivas. A partir de entonces, el hombre entendió que la cruza selectiva de los individuos más útiles generaba animales cada vez más diferentes al lobo y más parecidos al perro.

Dime qué haces y te diré qué raza eres

Con el descongelamiento del planeta, mamíferos, aves, y todo tipo de especies animales –incluyendo los humanos– comenzaron la mayor migración mundial de la que se tenga conocimiento. La transformación del lobo a perro no fue ajena a este proceso, derivado de las nuevas necesidades humanas el perro conservó, minimizó e incluso perdió algunas de las conductas que había heredado del lobo.

En situaciones donde la necesidad humana era la de proteger a la familia de animales salvajes como osos, e incluso lobos, el perro conservó la talla y corpulencia del lobo, así como un temperamento territorial y agresivo. Sin embargo, en ambientes donde el problema era movilizar rebaños de los primeros borregos y cerdos domesticados, el hombre buscó que el perro conservara solo fragmentos de la conducta agresiva, como el acecho y la persecución de presas, pero no el ataque ni el consumo de éstas.

Al paso de los años, la capacidad adaptativa del perro permitió que cada población humana alrededor del mundo moldeara su propia versión de perro, la cual poseía características físicas y conductuales diferentes, todas ellas destinadas a satisfacer una necesidad de trabajo, de seguridad e incluso de compañía.

Actualmente, se calcula que existen más de 300 razas de perros, clasificadas por grupos según su función en la sociedad humana. A pesar de que hoy en día la principal función de los perros es la de ser mascotas, una considerable proporción de estos animales aún desempeña tareas que facilitan el quehacer humano y contribuyen a su bienestar.

Una de las actividades en las que el trabajo de los perros destaca, es la detección olfativa de sustancias como drogas, explosivos e incluso de células asociadas al cáncer. Con respecto a su papel en la salud humana, la función del perro incluye trabajar como guía de personas ciegas, en la asistencia a personas discapacitadas y como auxiliar en la terapia para el tratamiento de trastornos y padecimientos como la depresión y el autismo. Si bien estas capacidades pueden ser comprendidas a través de la historia evolutiva del perro, así como por su ancestral conexión con el humano, en los últimos años la ciencia moderna nos ha permitido mejorar nuestro entendimiento acerca de cómo estos animales piensan, sienten, procesan e interpretan el lenguaje humano.

A pesar de que el viaje hacia la mente de los perros apenas comienza, diversos estudios confirman que, tal y como ocurre con los humanos, lo que hace tan especial al perro y tan diferente al resto de animales, no es su tamaño, ni el color de su pelo, sino su cerebro.

El cerebro que ladra

Durante una cacería, los lobos acechan, persiguen y derriban a su presa hasta que la inmovilizan, la asfixian y la matan. Aunque para nuestra fortuna el perro ha perdido el componente letal de esta conducta, es frecuente verlos perseguir pelotas, vehículos y objetos en movimiento. La causa de que un instinto que inicialmente servía para matar presas se convierta en uno que solo sirve para divertirse, recae en una profunda y trascendental reestructuración del cerebro.

Aunque pocas veces lo reflexionamos, es gracias al cerebro que tanto perros como humanos poseemos la capacidad de percibir perfumes en el aire, experimentar tristeza y alegría, recordar el rostro de nuestros seres queridos e incluso soñar mientras dormimos. Pero más allá de las evocaciones románticas que puedan generarnos estas acciones, lo cierto es que lo que nos define como especie y como individuos es nuestro cerebro, y gracias a éste, y a consecuencia de él, en la naturaleza encontramos diferencias como que un lobo aúlle, un humano hable y un perro ladre.

Algunos perros aúllan, pero ningún lobo ladra

En la última década, diversos estudios han identificado diferencias en la forma en que lobos y perros intentan resolver un problema. Por ejemplo, en pruebas donde perros y lobos fueron desafiados a encontrar la forma de sacar alimento de una jaula, se observó que mientras los lobos se comportaron de forma autónoma, mordiendo y sacudiendo la jaula, los perros se limitaron a hacer contacto visual con sus dueños cuando consideraron que no podían acceder al alimento.

Asimismo, en pruebas donde dichos animales tenían que utilizar señales de los humanos para elegir entre contenedores que tenían comida y los que estaban vacíos, se observó que mientras los perros rápidamente siguieron las indicaciones del humano para seleccionar el contenedor con alimento, los lobos se limitaron a explorar ambos contendedores, sin mostrar ningún interés por los humanos o sus indicaciones. Esto revela que, aunque el perro conserva muchas de las características instintivas y comportamentales del lobo, un gran número de comportamientos, como el ladrido y el meneo de cola, son únicos en él, ya que aparecieron como consecuencia de su selección artificial y la constante búsqueda del hombre por diseñar el compañero perfecto.

Más listos de lo que pensamos

Todo aquel que ha tenido un perro o ha convivido con uno, de vez en cuando se sorprende de su inteligencia y de lo rápido que aprenden. Hace apenas unos años un grupo de investigadores en Alemania publicó el caso de un perro llamado Rico, que además de conocer el nombre de más de 200 objetos, era capaz de inferir

Al paso de los años, la capacidad adaptativa del perro permitió que cada población humana alrededor del mundo moldeara su propia versión de perro, la cual poseía características físicas y conductuales diferentes. Actualmente, se calcula que existen más de 300 razas.

el nombre de un objeto nuevo, basado en la exclusión del resto de opciones posibles. En otras palabras, cuando a Rico se le solicitaba que trajera un objeto nuevo, cuyo nombre nunca había oído, el perro asumía que dado que los objetos conocidos ya tenían un nombre, la única opción lógica era elegir el que nunca había visto. Con ello, concluyeron que este perro era capaz de llevar a cabo un proceso cognitivo conocido como mapeo rápido, el cual se consideraba una competencia única de los seres humanos.

Años más tarde, otro grupo de investigadores publicó el caso de un perro llamado Chaser que, además de mostrar las mismas habilidades que Rico, era capaz de clasificar un mismo objeto según su nombre propio o su función. Es decir, que cuando se le pedía que trajera un objeto como una pelota, Chaser sabía reconocerlo por su nombre propio como "pelota de tenis" o por su nombre común, que en este caso era "juguete". Dichos hallazgos son apenas una pequeña muestra de la increíble capacidad intelectual de los perros y de lo particular de su cerebro.

Por último, después de este pequeño viaje por la historia evolutiva del perro y de su relación con el hombre, vale la pena reflexionar sobre cómo sería nuestra vida y qué clase de especie seríamos ahora si no hubiésemos encontrado en el lobo la oportunidad para moldear a nuestro mejor y mayor aliado. De no existir el perro, ¿qué otra especie doméstica ocuparía el corazón de las familias humanas? Aunque dicha pregunta nunca podrá ser contestada, en realidad lo verdaderamente importante es reconocer que es gracias a la capacidad moldeable y adaptable del cerebro del perro, que hoy en día podemos disfrutar de esta íntima y compleja relación interespecie, sin importar que tengamos un cerebro que habla, y el perro un cerebro que ladra.

VIAJE AL CENTRO DE NUESTRO CEREBRO, UNA MIRADA MICROSCÓPICA

[1]Ma. Leonor López Meraz, [2]Ángel A. Puig Lagunes, [3]Eliseo Velazco Cercas
[3]Isaac Zamora Bello, [3]D. Mariely Álvarez Croda, [3]Florencia Chena Becerra

[1]Investigadora SNI-2 del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana (UV). Química Farmacéutica Bióloga por la UV, con Maestría y Doctorado en Ciencias por el Cinvestav-IPN. Postdoctorado en la Universidad de California, Estados Unidos. *Contacto: leonorlopez@uv.mx*

[2]Académico de la Facultad de Medicina de la Universidad Veracruzana.

[3]Estudiante del Doctorado en Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana.

Si hurgamos en los recuerdos de nuestra infancia, con seguridad encontraremos una frase repetida hasta el cansancio, ya sea por los abuelos, los padres o cualquier adulto que se quedara a cargo de nosotros: "¡Cuidado con la cabeza, no te vayas a pegar!".

Una advertencia por demás molesta para los pequeños, pero que no debemos pasar por alto, pues es de suma importancia para preservar la salud.

¿Qué hay en nuestra cabeza que pueda ser tan delicado e importante?, ¿qué es lo que debemos cuidar allí? Pues nada menos que nuestro cerebro, ese órgano que forma parte del llamado sistema nervioso central y sobre el que recae la responsabilidad más grande en el funcionamiento de nuestro cuerpo.

El cerebro es como el jefe de una exitosa y gran empresa, en este caso el cuerpo humano, cuya responsabilidad es que todo funcione correctamente. Hace que nuestros pulmones

lleven a cabo la respiración y comanda a nuestro corazón para que pueda latir y bombear la sangre con oxígeno y alimento al resto de nuestro cuerpo.

Es gracias a nuestro cerebro que podemos movernos hacia donde deseamos y es él quien nos permite reconocer los olores, ver los colores, sentir el aire en nuestro rostro, disfrutar la música, recordar a nuestra familia, aprender algo nuevo cada día y hasta tener la personalidad que tenemos, es decir, ser quienes somos.

Quizás ahora queda más claro por qué es tan importante cuidar de los golpes y traumatismos a nuestra cabeza, pues es nada menos que el "envase" que contiene al cerebro, un órgano sin el que no podríamos vivir, al menos no hasta ahora. Es posible que en el futuro exista algo así como una computadora que tenga la misma súper capacidad de nuestro cerebro, pero por ahora, eso es solo ciencia ficción.

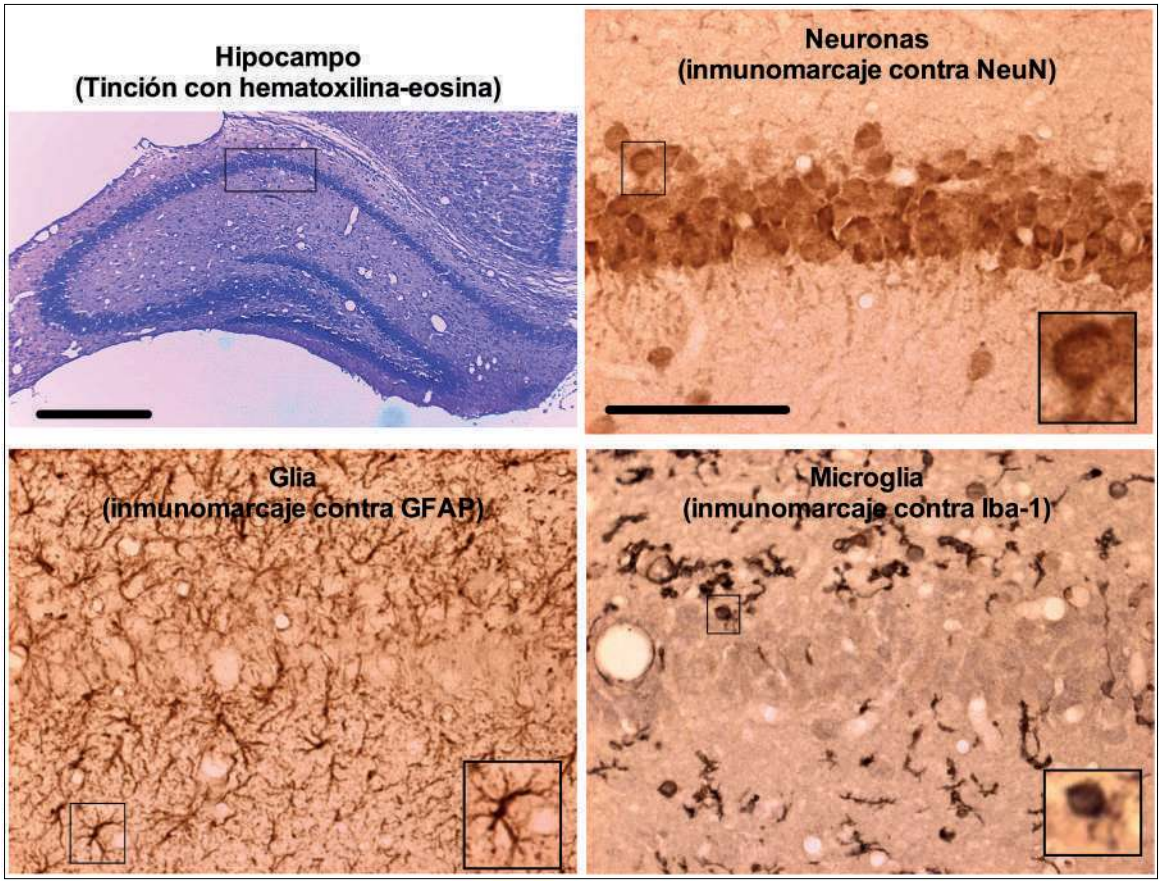
Es tan importante el cuidado de este órgano que la naturaleza nos ha provisto de una excelente protección: el cráneo, un hueso muy duro que lo preserva de posibles lesiones; además, el cerebro está bañado por un fluido, llamado líquido cefalorraquídeo, que le sirve como colchón para amortiguarlo de los golpes; y finalmente, ya muy cerquita del cerebro y en íntimo contacto con él, existen unas capas muy delgadas llamadas meninges que también le brindan protección.

¿Y qué es lo que hay dentro del cerebro? Si lo tuviéramos entre nuestras manos sentiríamos una masa gelatinosa muy blanda, toda ella hecha de células, ¡sí, de células!, como cualquier otra parte de nuestro cuerpo, aunque con características únicas que las hacen increíblemente interesantes, y tan pequeñas que no podemos verlas a simple vista, por lo que necesitamos de potentes microscopios.

Los microscopios cuentan con distintas lentes que permiten aumentar el tamaño de los objetos y observar detalles que a simple vista nos sería imposible captar. Los primeros microscopios fueron elaborados hace más de 300 años por personas sumamente curiosas, entre las que destacan Robert Hooke y Antoni van Leeuwenhoek, a quienes les apasionaba conocer los diminutos (microscópicos) seres vivos que acompañaban al hombre en su existir y a los que llamaron microbios. En la actualidad hay varios tipos de microscopios, desde los más sencillos, que utilizan luz blanca como la que usamos en nuestras casas, hasta aquéllos que utilizan rayos láser e incluso electrones y fotones.

Precisamente, utilizando un microscopio, fue como los primeros neurocientíficos –personas muy curiosas que les gustaba estudiar el cerebro– trataron de responder qué es lo que había en el interior de este órgano. Después de varias horas de observar al microscopio, utilizando rebanadas muy delgadas de cerebros humanos o de diferentes tipos de animales, tales como ratas, perros, gatos y hasta gallinas (cuyo cerebro y células que lo conforman funcionan casi igual que el nuestro) se identificaron las principales células que "habitan" el cerebro y las llamaron neuronas. Un científico español de nombre Santiago Ramón y Cajal pasó muchas horas viendo cortes cerebrales al microscopio y describió detalladamente el maravilloso mundo de las células cerebrales, incluyendo su forma, tamaño y las conexiones que se dan entre ellas.

Ahora se sabe que las neuronas no están solas, existen otros tipos de células indispensables para el funcionamiento



Microfotografías del hipocampo, neuronas, glía y microglía del cerebro de una rata. En el panel superior izquierdo se muestra un fotografía de un corte coronal del cerebro a nivel de una estructura llamada hipocampo, la cual es indispensable para la memoria y el aprendizaje. Este corte cerebral se tiñó con la tinción de hematoxilina-eosina que permite ver los núcleos de las células de color azul-morado. En el resto de los paneles se muestran fotografías que se obtuvieron después de realizar la técnica de inmunohistoquímica, a fin de identificar específicamente neuronas, glía y microglía. Las neuronas se observan de mayor tamaño y ordenadas; mientras que la glía es mas pequeña que las neuronas, así como más abundante, se localiza dispersa y tiene una forma estrellada; y la microglía tiene una menor distribución, y puede tener formas más diversas.

adecuado de nuestro cerebro, tales como los astrocitos, la microglía y las células ependimarias.

Las neuronas son responsables de la comunicación en el cerebro, se especializan en recibir la información que obtenemos con nuestros sentidos y de procesarla para que podamos funcionar y responder ante los estímulos, así como realizar funciones mucho más complejas tales como crear, memorizar, aprender y razonar.

Hay diferentes tipos de neuronas, con variedad de formas, pero todas tienen, además de un cuerpo (también llamado soma), una protuberancia larga llamada axón con la que se comunican con otras neuronas, así como muchas prolongaciones más cortas llamadas dendritas en las que reciben la información proveniente de otras neuronas.

Los astrocitos tienen forma de estrella, son pequeños y más abundantes que las neuronas, su función es por demás importante, pues se encargan de mantener un ambiente adecuado para el buen funcionamiento de las neuronas. Por su parte, la microglía es como el policía del sistema nervioso central, pues al ser parte del sistema inmune del cerebro se encarga de defenderlo de posibles agentes infecciosos. Las células ependimarias son también muy importantes, porque al trabajar en conjunto con los vasos sanguíneos producen el líquido cefalorraquídeo, que además de proteger al cerebro ayuda a distribuir sustancias a todo el sistema nervioso. Cada una de las células del cerebro es indispensable, son como un equipo que, al trabajar en conjunto y en armonía, permite que el cerebro controle adecuadamente todas las funciones de nuestro cuerpo.

Las células del cerebro son pequeñas y traslúcidas, lo que dificulta su visualización, incluso con un microscopio. Por esta razón, se emplean colorantes para pintarlas y poder observarlas más fácilmente. Existen diferentes tipos de pigmentos, de colores y tonos heterogéneos, incluso algunos fluorescentes (parecidos a la luz que emiten las luciérnagas), que difieren según el tipo de célula o la estructura que tiñen al interior de ésta (por ejemplo, el núcleo de la célula, donde está su información genética; o los ribosomas, donde se producen las proteínas).

También se puede utilizar una técnica llamada inmunohistoquímica para identificar a las células del cerebro. En ella se emplea un anticuerpo que se une específicamente a una proteína localizada en las células que interesa visualizar, ya sean neuronas, glía o microglía. La proteína de interés funciona como el antígeno, que es reconocido por el anticuerpo, y esta interacción se puede posteriormente visualizar a través de una reacción química que genera un color en la célula, o bien, porque se utiliza un anticuerpo que, a su vez, está unido a una sustancia que es fluorescente.

Sin duda, somos portadores de un órgano complejo y maravilloso al que hay que cuidar al máximo, pues como ya se mencionó realiza funciones vitales para la vida y también se puede enfermar. Lamentablemente cuando esto pasa no siempre se puede curar. Es importante evitar golpes fuertes en la cabeza (traumatismos cráneo-encefálicos), atender cuidadosamente infecciones por bacterias o virus que puedan llegar al sistema nervioso y no exponerse a sustancias tóxicas (tabaco, alcohol, drogas, etc.), esto solo por mencionar algunos cuidados básicos que, de no cumplirse, pueden causar la muerte de las neuronas y la pérdida o detrimento de la función cerebral.

MICROGLÍA: LOS CENTINELAS DEL CEREBRO

Miguel R. del Ángel Pérez Pouchoulén

Postdoctorante en el Departamento de Farmacología de la Universidad de Maryland, Estados Unidos. Químico Farmacéutico Biólogo por la Universidad Veracruzana, con Maestría y Doctorado en Neuroetología por la misma institución. *Contacto: mpouchoulen@som.umaryland.edu*

El cerebro contiene millones de células que se comunican entre sí de manera coordinada y continua. Estas células se clasifican, de manera general, en neuronas y glía. Y aunque la comunicación celular en el cerebro se establece y fortalece a lo largo de toda la vida de un sujeto, es principalmente durante la etapa temprana de formación y desarrollo del cerebro que adquiere mayor relevancia. Durante esta etapa, las células denominadas microglía –descubiertas en 1920 por el científico Pío del Río Hortega– juegan un papel clave para el establecimiento adecuado de los circuitos cerebrales, lo que permite la comunicación eficiente entre las neuronas. En el cerebro adulto, la microglía también ejecutará una función esencial en el mantenimiento y vigilancia de los circuitos neuronales.

La microglía son las primeras células en responder bajo condiciones de daño o infección en el cerebro, por lo que forman parte del sistema inmunológico. Esta característica las hace esenciales para el funcionamiento adecuado del cerebro tanto en la etapa de desarrollo como en la adulta.

Pío del Río Hortega

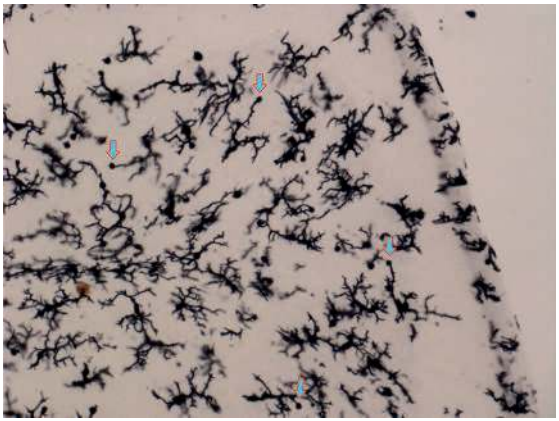


Figura 1. Microglía en el cerebelo en desarrollo. Las células observadas aquí se ubican en el cerebelo de la rata de 17 días de edad. También se observan algunas copas fagocíticas señaladas por las flechas. La tinción de la microglía se logró mediante la técnica de laboratorio llamada inmunohistoquímica con el uso del anticuerpo Iba1. Esta imagen fue tomada en el laboratorio de la Dra. Margaret M. McCarthy en el Departamento de Farmacología de la Escuela de Medicina, Universidad de Maryland, Baltimore, Estados Unidos.

¿Dónde nace y cómo madura la microglía?

Curiosamente, la microglía no nace en el cerebro, pero se transporta y vive en él durante el resto de su vida. Estas células se originan en el saco vitelino durante la etapa embrionaria y, eventualmente, invaden todo el cerebro, ya sea a través de las meninges, los vasos sanguíneos, o los ventrículos cerebrales. Posteriormente, madurarán para iniciar funciones de reconocimiento y protección. Tal proceso de maduración se da principalmente en la etapa postnatal, dependiendo de la región del cerebro, y requiere de un cambio en su morfología: de una forma redonda u ovalada (similar a una nuez) a una ramificada (similar a una araña). Estos cambios morfológicos, aunque drásticos, son fácilmente ejecutables por la microglía, debido a su capacidad para mutar rápidamente, en cuestión de minutos.

Incluso cuando la microglía está en proceso de maduración, tiene la capacidad de ejecutar funciones de limpieza y vigilancia. Además, estas células poseen una función indispensable en la maduración del cerebro y los circuitos neuronales, como veremos a continuación.

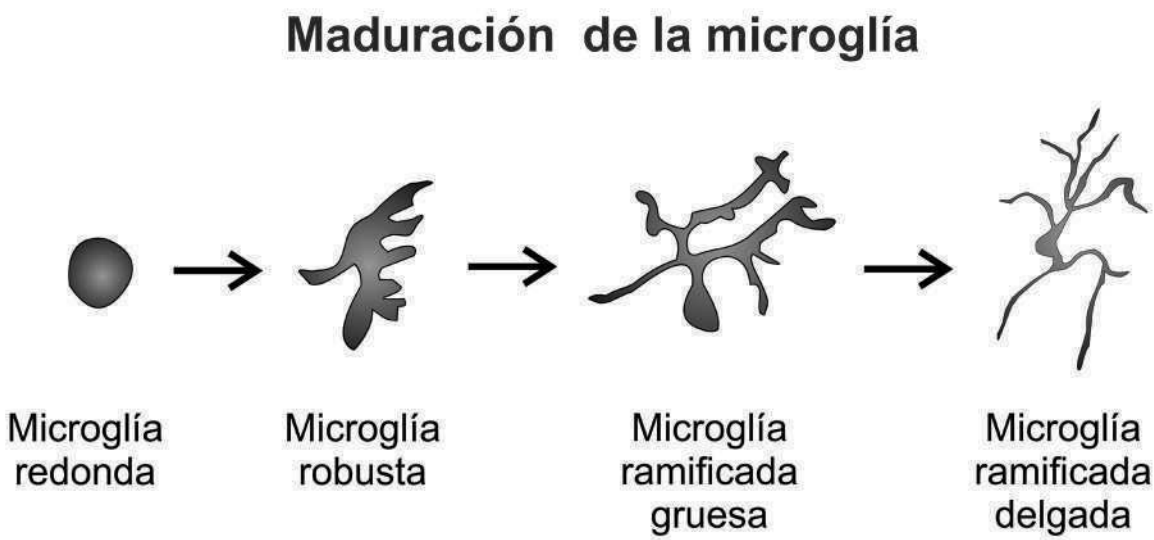


Figura 2. Maduración de la microglía. Esta imagen representa los cambios morfológicos de la microglía en desarrollo desde su forma redonda hasta su forma ramificada. Estas imágenes se realizaron con base en la morfología de la microglía del cerebelo de la rata en desarrollo.

¿Qué hace la microglía en el cerebro?

La microglía desempeña funciones de reconocimiento en las áreas del cerebro en las que habita. Es decir, con sus ramificaciones llamadas "procesos" –que se asemejan a las patas de una araña o a los tentáculos de un pulpo– escanea la superficie que se encuentra a su alrededor en busca de cualquier objeto indeseable. De la misma manera, la microglía se comunica con las células que están a su alrededor –como las neuronas– para verificar que se encuentren en condiciones funcionales óptimas. Si las células microgliales detectan desperdicios o restos celulares, se encargarán de remover tales objetos para evitar que otras células se dañen o se altere el equilibrio celular.

Durante el desarrollo y maduración del cerebro, la microglía participa en un proceso llamado "poda sináptica", que consiste en eliminar aquellas conexiones que no serán utilizadas por las neuronas para la recepción e integración de la información neural. Para entenderlo mejor, imaginemos a un árbol con muchas ramas llenas de hojas. Las ramas representarían al árbol dendrítico de las neuronas, y las hojas, a las espinas dendríticas de las mismas. La poda sináptica consistiría en cortar las hojas y ramas del árbol que, por alguna razón, son débiles y no resultarán útiles para el procesamiento de la información. De esta forma, la microglía regula la maduración de las neuronas y, por lo tanto, la eficiencia entre la comunicación neuronal.

Por otra parte, la microglía también participa en el establecimiento de diferencias sexuales en el cerebro. Es así que el papel de la microglía ha tomado relevancia en el estudio y entendimiento de los trastornos del cerebro que afectan más a un sexo que a otro.

Siempre vigilantes

La microglía siempre está activa y constantemente escanea sus alrededores, ya sea para comunicarse con otras células o en busca de objetos indeseados que se encuentren en su entorno. En la adultez, la microglía escanea todo el cerebro en pocas horas, manteniendo este ritmo por el resto de la vida de un organismo. Anteriormente, se pensaba que estas células solo se activaban bajo condiciones de daño o infección, pero actualmente se sabe que la microglía siempre está atenta y vigilando.

Si algún daño ocurre en el cerebro, como resultado de un accidente automovilístico, una caída o una infección (por citar ejemplos), se desencadenarán una serie de eventos que activarán a la microglía para eliminar los restos de dicho daño o, incluso, para inducir la muerte de células que probablemente ya se encontraban en mal estado y que iban a morir. Bajo estas condiciones de daño, la microglía responderá con la liberación de moléculas pro y antinflamatorias, con el propósito de regular el daño ocurrido en el cerebro. Es por esto que a las células microgliales se les conoce como las células inmunológicas del cerebro.

Una vez que la microglía detecta un agente que tiene que ser eliminado –ya sea una célula muerta, una espina dendrítica débil o un residuo celular–, modificará su morfología para engullir tal desecho mediante un proceso denominado "fagocitosis". Esta acción la lleva a cabo tanto en su forma redonda como ramificada (Figura 1). La forma redonda le permite viajar al sitio donde se encuentra el objeto que tiene que ser eliminado y es esta misma característica la que le permite a la microglía, durante el desarrollo, migrar hacia el cerebro para llegar a su destino final. Por otro lado, la microglía en su forma ramificada, requiere de la formación de "copas o esferas fagocíticas", unas estructuras redondas y pequeñas que se generan en la punta de los procesos o tentáculos de la microglía para envolver y engullir el residuo celular.

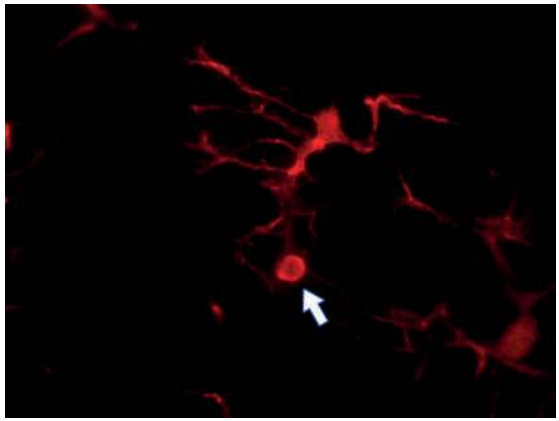


Figura 3. Copas fagocíticas de la microglía. Aquí se muestra a una microglía con su copa fagocítica (indicada por la flecha). Esta célula se identificó con el anticuerpo Iba1 a través de la técnica de laboratorio inmunohistoquímica fluorescente. Esta imagen fue tomada en el laboratorio de la Dra. Margaret M. McCarthy en el Departamento de Farmacología de la Escuela de Medicina, Universidad de Maryland, Baltimore, Estados Unidos.

La microglía y las enfermedades del cerebro

El cerebro se puede enfermar durante diferentes etapas de la vida y ante ello la microglía activará y modificará su función. En trastornos del desarrollo como el autismo (caracterizado por dificultad para socializar y comunicarse), o en enfermedades neurológicas como Alzheimer (pérdida de la memoria, desorientación y deterioro intelectual), Parkinson (temblor, rigidez muscular y falta de coordinación) o Huntington (movimientos exagerados de las extremidades y deterioro motor), la microglía se encuentra en un estado denominado "reactivo". Esto significa

que se mantiene activa por periodos prolongados y libera moléculas inflamatorias que afectan el funcionamiento de las neuronas e, incluso, inducen su muerte. Todo ello afecta el funcionamiento del cerebro en general y, por lo tanto, la conducta de los individuos. Así, estos trastornos se caracterizan por presentar un "cerebro inflamado", es decir, expuesto a moléculas que generan inflamación y muerte celular.

Basado en todo lo anterior, el estudio de la función de la microglía –desde el punto de vista morfológico e inflamatorio– durante el desarrollo y la adultez, es muy importante para entender los procesos que disparan la activación de dichas células, y cómo estos afectan la función del cerebro y, por consiguiente, la conducta de los individuos.

EL CEREBRO EN MOVIMIENTO: LOS REFLEJOS EN LA VIDA DIARIA

[1]Luis I. García Hernández, [2]J. Rafael Gutiérrez Pérez, [2]Zuleyma S. Hernández Briones

[1]Investigador SNI-1 del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana (UV). Biólogo por la UV, con Maestría y Doctorado en Neuroetología por la misma institución. *Contacto: luisgarcia@uv.mx*

[2]Estudiante del Doctorado en Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana.

¿Alguna vez te has sorprendido al observar la destreza con la cual una bailarina de ballet ejecuta saltos y piruetas sin perder el equilibrio?, ¿o cuando un beisbolista golpea una pelota que se dirigía a él a más de 150 km/hora?

¿Te has puesto a pensar qué es lo que le permite a esa bailarina saltar y girar en el aire, mientras al caer lo hace sin perder el equilibrio?, ¿cómo logra esa perfección en sus movimientos?, ¿qué cualidades comparte con el beisbolista?, un hombre capaz de calcular la velocidad y el movimiento de la pelota, sujetar el bate de manera precisa y moverlo con la fuerza y la dirección correcta. En estos casos, además de la práctica constante, la coordinación sensitivo-motora que ambos poseen es la que les permite ejecutar en fracción de segundos las habilidades motoras desarrolladas.

De una u otra manera siempre nos encontramos en movimiento, ya sea que nos encontremos realizando tareas básicas como comer, bañarnos o caminar, o que estemos estudiando, trabajando o incluso durmiendo.

Para llevar a cabo estas tareas motoras es necesario que el sistema nervioso integre y procese información del medio

ambiente. Por ejemplo, si estamos en la calle y repentinamente empieza a llover, generalmente decidimos caminar con mayor velocidad o correr para no mojarnos; si hace frío, buscamos abrigarnos.

Incluso, al estar de pie o sentados sin movernos se encuentran activos los mecanismos fisiológicos encargados de regular el tono muscular, el equilibrio y la postura. Todos éstos permanecen activos simultáneamente y están finamente organizados sin que seamos conscientes de ello.

Este mecanismo se llama arco reflejo, es decir, un movimiento involuntario que es el resultado de un estímulo percibido por el sistema nervioso y que produce una respuesta específica y estereotipada. Los reflejos son vitales para el movimiento normal y la supervivencia y, son variables en complejidad y funciones. En palabras simples: son un sistema de respuesta esencial para reaccionar de forma inmediata.

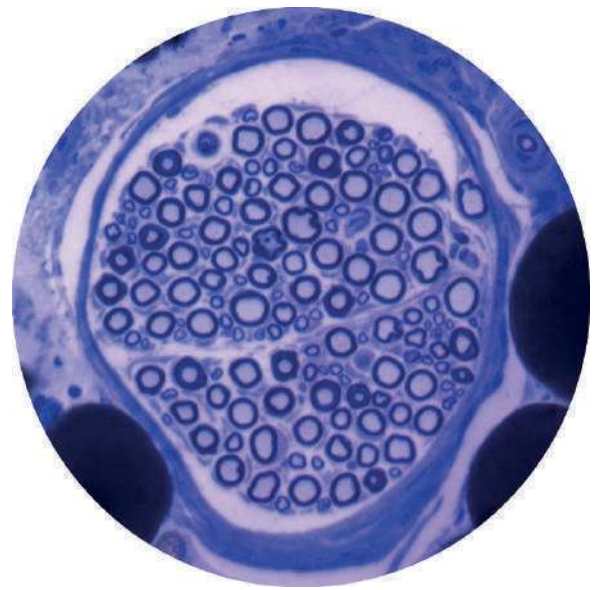
Las vías de un reflejo pueden ser simples o complejas de acuerdo al número de sinapsis (conexión entre dos neuronas), es decir, el tiempo transcurrido o latencia del reflejo, puede aumentar en proporción al número de sinapsis que el estímulo tenga que recorrer. Por lo tanto, entre más sinapsis intervengan en un arco reflejo, será mayor el tiempo que tardará en producirse la respuesta, lo cual implica mayor complejidad. Sin embargo, esto es imperceptible debido a la velocidad a la cual viajan los impulsos eléctricos en los axones. Un reflejo puede producirse entre 10 y 50 milisegundos.

Un ejemplo del reflejo más simple es el miotático, o el reflejo de estiramiento muscular, el cual consiste en la sinapsis entre –únicamente– dos neuronas. Una neurona aferente de tipo propioceptivo, que se origina en los receptores musculares y se activa al estirarse las fibras musculares, envía una señal que viaja hasta la médula espinal y hace sinapsis con una neurona motora o eferente que, a su vez, envía la información a este mismo músculo para que se contraiga. La señal eléctrica es enviada a través de los axones de las neuronas; un conjunto de axones forma un nervio que viaja hasta los músculos. De esta manera, el músculo acorta su longitud (evitando una sobre extensión de las fibras musculares que produzca una lesión). Este tipo de reflejo, llamado propioceptivo, presente en todo momento y en todos los músculos del cuerpo, mantiene el tono muscular y nos permite mantener la postura.

Representación de una sinapsis. La sinapsis es la "unión" o aproximación que se da entre dos neuronas, formando el sitio donde se transmite el impulso nervioso.

La importancia funcional de algunos reflejos es la de prevenir una lesión o daño físico; esto sucede, por ejemplo, cuando sentimos una basurita en el ojo y sin planearlo lo cerramos repetidamente mientras nos lagrimea. Otro ejemplo característico es el caso de los reflejos motores cutáneos, en los que un estímulo doloroso (nociceptivo) activa a las vías aferentes que surgen de los receptores en la piel y transmiten este estímulo hacia las vías motoras. Estas últimas activan a los músculos, que –como respuesta refleja– producirán un movimiento que nos aleje del estímulo dañino. Esto es lo que ocurre al pincharnos accidentalmente con una aguja o al quemarnos, se genera una respuesta inmediata e inconsciente. Si no fuese así y hubiera un retraso de milisegundos en la respuesta, la lesión podría ser mayor.

Las características de los reflejos han sido estudiadas por muchos neurocientíficos a lo largo de la historia. Sherrington al describir qué era un reflejo (1912), Hoffman al reproducir y medir el reflejo de estiramiento muscular (1918) y Pavlov al estudiar los reflejos condicionados (1923), aportaron datos iniciales para el estudio de estos procesos fisiológicos. Al tiempo que se producían estas investigaciones se observó la importancia y utilidad que podían tener los análisis de las respuestas reflejas en el aspecto médico, debido a que los reflejos constituyen una evidencia de la integridad y funcionalidad del sistema nervioso. Por lo tanto, mientras un médico evalúa durante la exploración física la presencia de la contracción de la pupila frente a un estímulo luminoso intenso, o valora la respuesta motora al golpear con un martillo de goma la rodilla, lo que en verdad está analizando es la integridad y efectividad con que las vías nerviosas responden.



Corte transversal de un nervio. Preparación para microscopía electrónica de un nervio escrotal de rata.

Al ser movimientos elementales y automáticos, los reflejos están presentes desde el nacimiento. La evaluación que de ellos realiza el pediatra en el recién nacido es indispensable para corroborar el estado de madurez de su sistema nervioso. En este caso, los reflejos son llamados primarios o arcaicos y solo existirán de manera temporal mientras el sistema nervioso madura. Un ejemplo de ello es el reflejo de succión, que se activa con tan solo acercar un dedo o cualquier objeto a los labios del bebé.

Esta característica del desarrollo del sistema nervioso en los seres humanos nos clasifica como animales altriciales. Somos una especie cuyo organismo debe madurar después del nacimiento para alcanzar las características del adulto, lo cual

requiere un largo proceso de aprendizaje (plasticidad neuronal). El caso contrario son los animales precociales, como las vacas, los caballos y las ovejas, que son capaces de ver, oír, ponerse de pie y realizar funciones propias del individuo adulto prácticamente desde el nacimiento.

Actualmente, en el Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana, desarrollamos un estudio que tiene como objetivo evaluar la importancia de la plasticidad neuronal que se produce en el cerebelo como consecuencia del aprendizaje motor, así como su influencia sobre los reflejos de contracción muscular que mantienen el tono muscular y el equilibrio. El objetivo de esta línea de investigación es entender la relación de estructuras centrales (cerebelo) sobre circuitos espinales, nervios y músculos pélvicos, mediante el análisis del reflejo de Hoffmann o reflejo H. La técnica de registro del reflejo H se introdujo en los años cincuenta, para analizar en humanos las características de las conexiones monosinápticas que te hemos descrito.

Ahora que sabes esto, observa tus propios movimientos y los de la gente que te rodea y reflexiona sobre la función de las vías reflejas, coordinadas por el cerebro. Gracias a ellas podemos caminar, correr, nadar, bailar, jugar. Sin duda, aquélla bailarina que te sorprende o ese estupendo beisbolista que viste el otro día, tienen reflejos organizados de manera muy específica para ser ágiles, rápidos y precisos, y así efectuar de manera extraordinaria los movimientos aprendidos.

EL CEREBRO: ÓRGANO MAESTRO EN EL ARTE Y EL DEPORTE

[1,2]José Ramón Eguibar Cuenca, [2]Juan M. Ibarra Hernández, [2]Alfonso Mora Bolaños, [2]Ma. del Carmen Cortés Sánchez

[1]Director General de Investigación, Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Médico Cirujano por la Universidad Autónoma de Puebla, con Maestría en Ciencias Fisiológicas por la misma institución y Doctorado en Neurociencias por el *Cinvestav*-IPN.

[2]Laboratorio de Neurofisiología de la Conducta y Control Motor, Instituto de Fisiología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Los seres humanos estamos diseñados para movernos de una manera muy eficaz, ¿qué sería de nosotros si no fuera de esta manera?, ¿cómo nos hubiéramos arreglado para sobrevivir? El aparato locomotor, coordinado por nuestro sistema nervioso, nos hace capaces de hacer frente al mundo y resolver nuestras necesidades más básicas, pero además, nos brinda la posibilidad de expresar nuestras emociones (por ejemplo, a través del arte) y cultivar nuestras destrezas físicas, ya sea con fines recreativos o con un carácter competitivo (deporte).

El movimiento voluntario como la marcha, la danza, o el salto se logra mediante la acción coordinada entre el esqueleto, las articulaciones y los músculos, cuyo control requiere de una compleja red neuronal que coordina la salida motora en forma de movimientos.

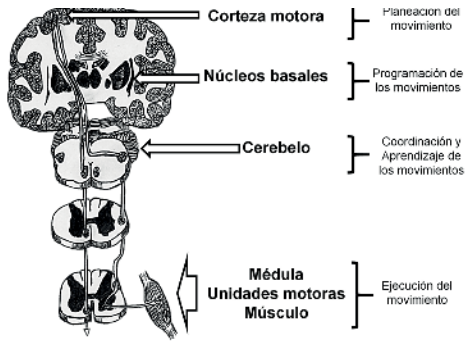


Figura 1. Estructuras involucradas en el control motor. La corteza cerebral primaria y suplementaria planean el movimiento, mientras que el cerebelo y los núcleos basales se encargan de la organización y coordinación del movimiento, siendo los músculos la mano de obra que ejecuta el movimiento.

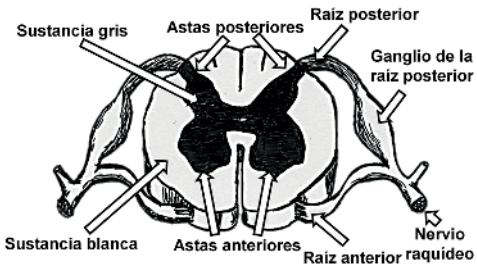


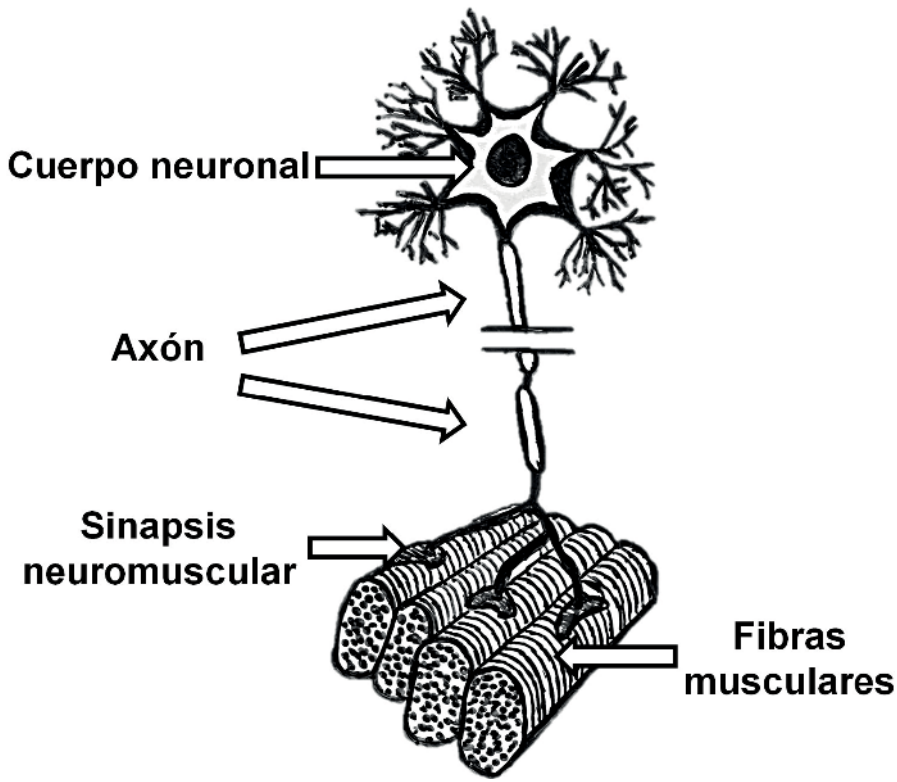
Figura 2. Esquema de un corte transversal de la médula espinal. Se pueden apreciar las principales estructuras que la conforman.

De manera general, se puede clasificar a los movimientos en voluntarios e involuntarios. Los primeros, son aquéllos que se realizan de manera consciente, y, los segundos, los que suceden sin que medie nuestra atención.

Para realizar movimientos voluntarios necesitamos, en primera instancia, planearlos, y en una segunda etapa, ejecutarlos y controlarlos. En este sentido, el principal arquitecto en la planeación es la corteza cerebral motora; los encargados de la coordinación son los núcleos basales y el cerebelo, y la mano de obra en la ejecución son las motoneuronas. Estas últimas actúan en los músculos a través de las unidades motoras de la médula espinal y éstas, a su vez, son las responsables de mover los huesos a través de los tendones.

La médula espinal y los reflejos motores

La médula espinal está formada por una sustancia gris (cuerpos neuronales) con forma de H rodeada por una sustancia blanca (axones neuronales). Las astas posteriores de la sustancia gris reciben información sensorial, mientras que en las astas anteriores se encuentran los núcleos motores, donde emergen los axones de las motoneuronas que inervan a las fibras musculares de trabajo –también denominadas extrafusales– conformando la unidad motora. La médula espinal transmite la información del encéfalo a los grupos neuronales espinales y de éstos al sistema músculo-esquelético.



Fikgura 3. La unidad motora está conformada por una neurona que inerva a varias fibras musculares. El número de fibras inervadas depende de la fineza del movimiento; así, movimientos delicados y muy precisos tienen cientos de unidades motoras con neuronas que controlan un número pequeño de fibras, y para movimientos gruesos, se necesitan neuronas que controlan un gran número de fibras musculares.

La sustancia gris integra los reflejos motores, que son la respuesta más elemental del sistema nervioso, ya que proveen una respuesta rápida y estereotipada denominado arco reflejo. Este último consta de un receptor que sensa, por ejemplo, el estiramiento muscular, el cual se transmite a la médula espinal y contacta a las neuronas motoras (motoneuronas) para producir un movimiento.

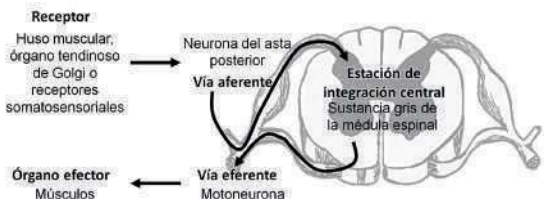


Figura 4. El arco reflejo está compuesto por un receptor, una vía de entrada o aferente, un sitio o estación de integración, una vía de salida o eferente y un órgano efector.

Los principales reflejos involucrados en el tono muscular y la postura son: el reflejo miotático, miotático inverso y el de retirada o de flexión. El reflejo miotático evita el sobre estiramiento muscular, teniendo como receptor al huso muscular localizado dentro del músculo. Los receptores del huso muscular se activan al estirarse y envían información a la médula espinal a través de las fibras Ia y excitan monosinápticamente a las motoneuronas α para contraer al músculo y así detener el estiramiento.

Por su parte, el reflejo miotático inverso evita una sobre contracción muscular, ya que tiene como receptor al órgano tendinoso de Golgi, que se localiza en la unión entre las fibras musculares y los tendones (unión musculo-tendinosa) y es inervado por las fibras Ib. Al contraerse el músculo aumenta la tensión que se genera en los tendones, lo que activa a los órganos tendinosos de Golgi, y éstos envían información a la médula espinal estimulando a interneuronas que inhiben a su vez a las motoneuronas α, por lo que el músculo se relaja.

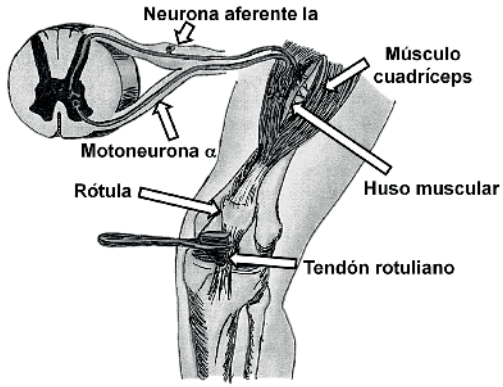


Figura 5. Esquema del reflejo miotático. Se observa un martillo de reflejos que al golpear el tendón rotuliano estira al músculo cuadríceps estimulando al huso muscular, el cual envía la información a la médula espinal por medio de las neuronas, que hacen sinapsis con las motoneuronas α que forman la vía eferente haciendo sinapsis con el músculo para contraerlo y así evitar un sobre estiramiento.

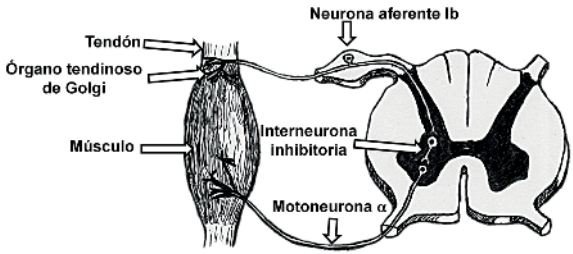


Figura 6. El reflejo miotático inverso responde al aumento de la contracción muscular. Su receptor es el órgano tendinoso de Golgi y se localiza en los tendones de los músculos. Al contraerse el músculo, el tendón se estira estimulando al órgano tendinoso de Golgi mandando información por las vías Ib que hacen sinapsis con interneuronas inhibitorias de las motoneuronas α y así relajar al músculo.

La función del reflejo de retirada es el de alejarnos de los estímulos dañinos, que se transmiten a través de las fibras sensibles al dolor (fibras Aδ y C), las cuales permiten detectar daño tisular y envían dicha información a la médula espinal, haciendo sinapsis con motoneuronas α de los músculos flexores ipsilaterales y con interneuronas que activan a las motoneuronas de los músculos extensores contralaterales, de tal manera que causan la flexión de la extremidad que recibió el estímulo y una extensión de la extremidad contralateral para mantener el equilibrio. Dado que la retirada implica una flexión del área estimulada se le denomina reflejo flexor.

En la médula espinal también se encuentran las vías neuronales que envían la información motora del encéfalo hacia los músculos. Estas vías se dividen anatómicamente en: *1)* piramidales (la vía cortico-espinal), que envían información desde la corteza motora hacia la médula espinal donde se originan los comandos del movimiento voluntario; y *2)* extrapiramidales (rubroespinal, pontino- y retículo-espinal, además de la vestíbulo-espinal y tecto-espinal), que coadyuvan a los movimientos al coordinar la postura que se requiere para hacer cada uno de ellos, con entradas de información de las vías sensoriales auditiva y visual.

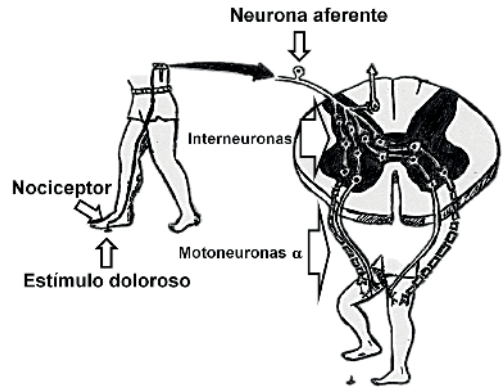


Figura 7. Esquema del reflejo de retirada. En este ejemplo, una persona pisa una tachuela que activa los nociceptores, que son receptores de dolor, y envían la información a la médula espinal donde hacen sinapsis con múltiples interneuronas, las cuales estimulan a las motoneuronas α de los músculos flexores ipsilaterales y los extensores contralaterales; e inhiben a las motoneuronas α de los músculos extensores ipsilaterales y músculos flexores contralaterales.

Los núcleos basales, artistas en el movimiento

Los núcleos basales son un conjunto de cuerpos neuronales situados en la profundidad de cada hemisferio cerebral, teniendo un importante papel en el control de la postura y del movimiento. Los núcleos basales son: el cuerpo estriado, el putamen, el globo pálido y la sustancia negra.

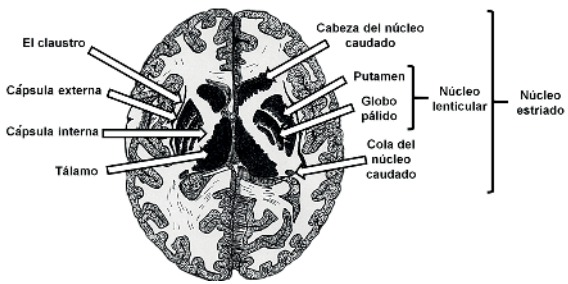


Figura 8. Anatomía de los núcleos basales. Corte transversal del encéfalo, donde se muestran las principales estructuras que componen los núcleos basales.

El cuerpo estriado es el núcleo basal más grande y se sitúa lateral al tálamo, está dividido por la cápsula interna, lo que da origen a dos núcleos: el caudado y el lenticular. El primero tiene forma de "C" y se divide en cabeza, cuerpo y cola. El segundo tiene forma de cuña y está dividido en una porción lateral y oscura llamada putamen, y en una porción medial y clara llamada globo pálido.

La sustancia negra y los núcleos subtalámicos no se consideran núcleos basales, pero funcionalmente están estrechamente relacionados con éstos. Las neuronas de la sustancia negra *pars* compacta son de naturaleza dopaminérgica, tienen múltiples conexiones con el cuerpo estriado y juegan un papel fundamental en el inicio del movimiento. Las neuronas de los núcleos subtalámicos son excitadoras, teniendo conexiones con el globo pálido parte interna y con la sustancia negra.

Para realizar los movimientos voluntarios la corteza motora envía axones que excitan al putamen y éste, a su vez, envía axones que inhiben a otros núcleos basales. El globo pálido parte interna y la sustancia negra *pars reticulata*, por su parte, envían axones inhibitorios hacia el tálamo, los cuales mandan axones excitadores a la corteza motora, lo que completa así el llamado circuito motor.

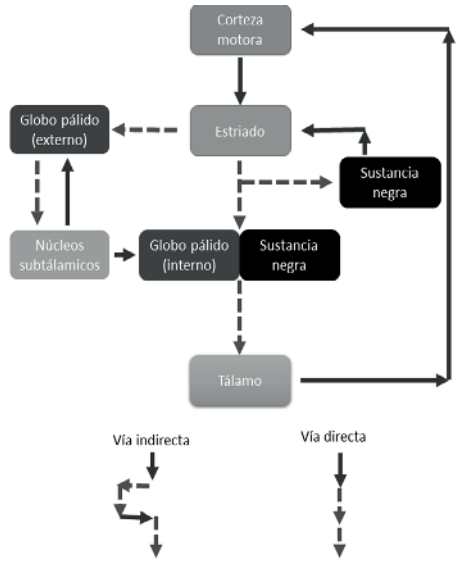


Figura 9. Esquema del circuito motor. Las flechas continuas representan sinapsis excitadoras y las flechas punteadas son inhibitorias. Este circuito se divide en dos vías: una directa, la cual inhibe las células tálamocorticales y una indirecta, la cual excita a las células tálamocorticales.

Este circuito nos permite realizar movimientos voluntarios mientras que se inhiben los movimientos involuntarios, lo que da como resultado que los núcleos basales se activen antes de iniciarse el movimiento, participando en los procesos en los cuales un pensamiento abstracto se convierte en una acción voluntaria y le dan un sentido emocional a los movimientos. Por lo tanto, influyen en actividades como bailar, dibujar, pasar una pelota e, incluso, al emplear las cuerdas vocales para conversar o cantar. Esto aporta emoción, sentido y propósito a los movimientos.

El cerebelo, el perfeccionista del movimiento

El cerebelo, cuyo nombre deriva del latín *cerebellum*, que significa pequeño cerebro, se localiza en la parte posterior del encéfalo, y es fundamental en el control del movimiento, el equilibrio y el aprendizaje motor. Contiene el 50% de las neuronas del sistema nervioso central y desde el punto de vista anatómico presenta tres lóbulos: el anterior, el posterior y el floculo-nodular. Por debajo de la corteza cerebelosa se encuentra la sustancia blanca, donde se pueden hallar los núcleos cerebelares denominados: globoso (formado por el fastigio), interpósito y dentado.

Funcionalmente, el cerebelo se divide en:

El vestíbulocerebelo: constituido por el lóbulo floculo-nodular y sus proyecciones hacia los núcleos vestibulares. Recibe información vestibular y visual, integrándola para facilitar el mantenimiento de la postura y del equilibrio cuando se ejecutan movimientos.

El espinocerebelo: formado por el vermis, las regiones mediales de las cortezas de los hemisferios cerebelosos y los núcleos fastigio e interpósito. Recibe información de la médula espinal, permitiéndole comparar la planeación de un movimiento con el movimiento ejecutado y corregir cualquier variación

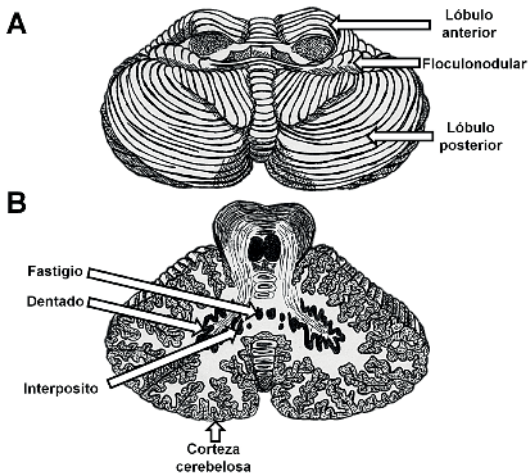


Figura 10. Anatomía del cerebelo. A. Vista central del cerebelo, donde podemos observar los tres principales núcleos. B. Corte transversal del cerebelo, donde apreciamos los núcleos profundos cerebrales.

para que coincida lo planeado con la ejecución del mismo, a pesar de las perturbaciones medioambientales.

El cerebrocerebelo: formado por las regiones laterales de los hemisferios cerebelosos y el núcleo dentado. Estas estructuras reciben y envían información de la corteza cerebral por lo que participan en la planificación, programación y aprendizaje motor.

El cerebelo es un comparador del movimiento planeado y el comando motor que se genera por la corteza motora primaria (área 4 de Brodmann). Integra y compara la información de los sentidos de la vista, del equilibrio y de la propiocepción para generar movimientos con calidad, coordinados y precisos.

La corteza motora, el director del sistema

La corteza motora se localiza en la parte posterior del lóbulo frontal, por delante de la cisura de Rolando o central, comprendiendo las áreas de la corteza cerebral que, al ser estimuladas, producen movimientos musculares. Incluye tres áreas principales:

La corteza motora primaria. Responsable de generar los comandos motores de cómo y cuándo se deben mover los músculos y hacia qué lugar en el espacio, así como de sus ajustes debido a perturbaciones medio ambientales. Es en esta área donde existe una representación de nuestro cuerpo llamada homúnculo (hombrecillo) motor. El homúnculo representa el área de la corteza motora que es responsable del movimiento de esa parte del cuerpo.

La corteza motora secundaria, que incluye a la corteza parietal posterior. Se desarrolla a partir de las regiones motoras y sensitivas primarias, cuya principal función es la planeación del movimiento.

El área motora suplementaria. Se encarga de la planificación y coordinación de los movimientos complejos en el espacio y el tiempo.

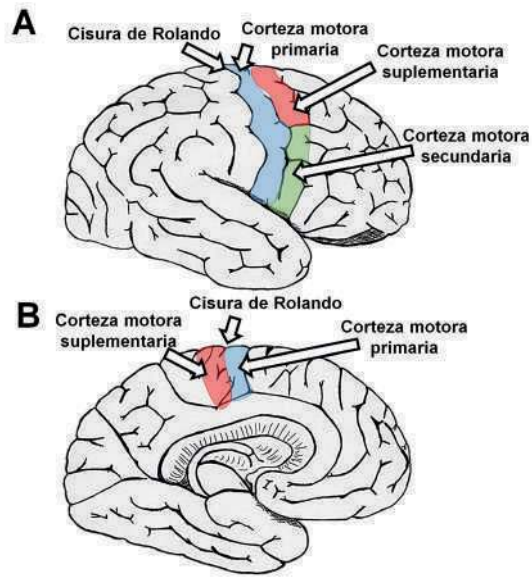


Figura 11. Esquema del cerebro. A. Vista lateral de un hemisferio cerebral, donde podemos observar la ubicación de las tres principales áreas de la corteza, encargadas del control motor. B. Vista medial de un hemisferio cerebral, donde podemos observar la ubicación de la corteza motora primaria y suplementaria.

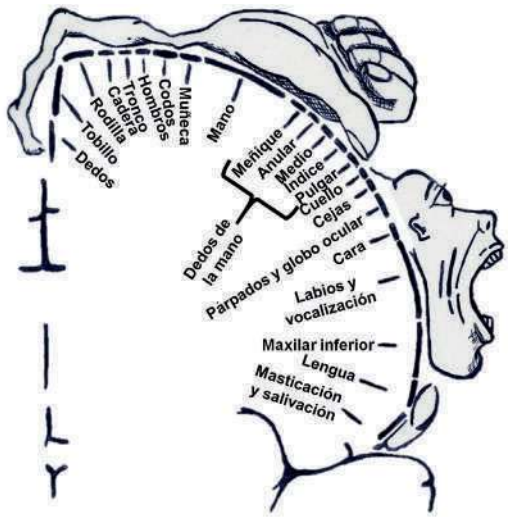


Figura 12. Homúnculo motor. Representación pictórica de las divisiones anatómicas de la corteza motora primaria bajo el concepto "el cuerpo dentro del cerebro".

Es maravillosa la complejidad del cerebro como maestro en el control del movimiento, el cual surge de la interacción de la información sensitiva con la motora, en todos los niveles del sistema nervioso central y periférico. En el caso del deporte o de la ejecución artística, el movimiento planeado alcanza niveles de excelencia al tener un control de casi cada unidad motora.

La electrofisiología ha permitido conocer las diferencias en el control del movimiento de personas entrenadas para llevar a cabo alguna práctica que requiera destrezas físicas extraordinarias. Por ejemplo, no sucede lo mismo en un bailarín de ballet, que tiene que realizar una contracción de los músculos antagonistas para mantener el equilibrio durante las posturas clásicas de ballet y, por tanto, desarrollar un control de la actividad muscular considerablemente más fino que el que tiene un deportista de alto rendimiento, cuyo entrenamiento provoca cambios en el sistema motor opuestos al ballet. En este caso, se tienen reflejos H más amplios, ya que se requiere tanto de coordinación motora fina –como cuando se ejecuta un tiro de castigo en el fútbol soccer o al tirar el balón por parte de un mariscal de campo en el fútbol americano– como de explosividad; por ejemplo, en una carrera donde se requiere la activación simultánea de la musculatura de piernas y brazos que permita desplazarse a poca distancia, pero a máxima velocidad, del orden de 14 m/s.

Es entonces el aparato locomotor (músculos, tendones y huesos), bajo el gobierno del sistema nervioso, la infraestructura que permite al individuo realizar una gama de movimientos que le permiten interactuar con el ambiente y con otros seres vivos e inanimados a través de la ejecución de conductas como el aseo y la caza, pero también mediante la actividad deportiva y artística. Los movimientos son la vía por la cual interactuamos y la que nos da un profundo sentido humano.

Agradecemos el apoyo de los proyectos Conacyt Nos. 243247 y 243233 para JRE y MCC, respectivamente. Por el proyecto VIEP-BUAP 2017 y del Prodep-BUAP del Cuerpo Académico en Neuroendocrinología Cuerpo Académico-BUAP-288. JMIH y AMB son becarios del Conacyt por la Maestría en Ciencias Fisiológicas.

LA TUBERÍA DEL CEREBRO

[1]Pablo Pacheco Cabrera, [2]Miguel Lara García

[1]Investigador SNI-3 del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y del Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana. Médico Cirujano por la UNAM, con Doctorado en Ciencias por la misma institución. *Contacto:ppacheco@uv.mx*

[2]Investigador del Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana.

Estudiar la anatomía y la fisiología del cerebro es una empresa de alta complejidad, no solo por las distintas funciones que se realizan en sus variadas regiones, sino por la infinidad de diferencias en la actividad metabólica de este complejo órgano, lo cual sugiere que también existen variaciones en el flujo de la sangre en el cerebro. Desde el punto de vista metabólico, el sistema nervioso es uno de los más activos de nuestro cuerpo. El cerebro, que representa tan solo el 2% de nuestro peso corporal total, necesita para funcionar el 20% de todo el oxígeno y la glucosa (energía) disponibles en el cuerpo, así como también un flujo constante de sangre de aproximadamente 750 ml/min.

A la fecha se han desarrollado algunas técnicas que nos permiten monitorear cambios en el flujo sanguíneo y con ello visualizar en tiempo real áreas activas del cerebro. La detección y observación de estos cambios en el flujo sanguíneo son la base de las técnicas que analizan la imagen funcional del cerebro. Entre las más importantes tenemos, la tomografía por emisión de positrones (PET, por sus siglas en inglés), la tomografía computarizada por emisión de fotones aislados (SPECT) y la resonancia magnética funcional (fMRI).

Para el estudio PET, se utiliza una pequeña cantidad de algún marcador radiactivo (^{11},^{13},^{14}C, ^{18}F, ^{3}H,^{13}N,^{15}O) que, al ser inyectado o inhalado, viaja a través de la sangre y se acumula en tejidos y órganos como el cerebro, donde se distribuye de acuerdo a su estado funcional. Éste es un método de exploración no invasivo y se ha utilizado para estudios de procesos cognitivos en personas conscientes, de enfermedades psiquiátricas o neurológicas y de taponamientos de arterias cerebrales.

En el estudio SPECT también se utiliza un marcador radiactivo y una cámara de rayos gamma para recrear imágenes en 3D,

lo que resulta en la observación de cómo funciona un órgano o de cómo fluye la sangre en tiempo real. Por otra parte, la ƒMRI es la integración de una neuroimagen utilizando la resonancia magnética. Esta técnica está apoyada en la suposición de que el flujo de sangre cerebral y la activación neuronal están estrechamente relacionadas, es decir, cuando un área cerebral está siendo utilizada, el flujo sanguíneo en ella también aumenta y, de esta manera, se mide la actividad cerebral. Desde los noventa esta técnica dominó la investigación en el estudio del cerebro, ya que no necesita que las personas tomen, inhalen o les sean inyectadas sustancias. Sin embargo, su popularidad ha disminuido hasta en un 60% desde el 2012, debido principalmente a la falta de información básica en la fisiología de diversas áreas cerebrales y las pobres (o deficientes) comparaciones que se utilizan para establecer conclusiones utilizando esta técnica.

Esta malinterpretación y carencia de información nos ha llevado a creer que comprendemos con detalle el flujo sanguíneo al poder observar, dentro del cerebro, las grandes arterias, venas, arteriolas y vénulas, pero son éstas solo una pequeña fracción del flujo real dentro de este órgano y sería demasiado ingenuo creer que estos tejidos vasculares son los que integran la red completa de la irrigación cerebral. Ahora sabemos que existen vasos mucho más pequeños que incluso pueden llegar a medir una micra (μm) de diámetro y que se conocen con el nombre de capilares; desafortunadamente es muy poco lo que se sabe de ellos. Es por ello que en la investigación básica tenemos que utilizar modelos animales para expandir nuestro conocimiento sobre la microcirculación cerebral. En este caso la rata Wistar es nuestro modelo de estudio, ya que como se ha descrito ampliamente en la literatura científica, su cerebro y el nuestro comparten muchas similitudes.

Para ubicarnos en el contexto de la microcirculación debemos tener bien claro a qué nos vamos a referir con el término "capilar": una estructura cilíndrica de forma heterogénea integrada por una sola capa de células endoteliales por donde circula el plasma sanguíneo, glóbulos rojos (eritrocitos) y glóbulos blancos (leucocitos). El diámetro de un capilar puede variar de 1 a 10 μm y su longitud es muy variable de acuerdo a la región anatómica donde se encuentre (ver Fig. 1) . Existen tres tipos de capilares: a) aquéllos que contienen eritrocitos y leucocitos estacionados; b) los que contienen estas células fluyendo y c) los que no contienen células sanguíneas. Estos últimos llaman la atención puesto que por ellos solo circula el plasma sanguíneo y es lógico que sean los más pequeños ($<3\mu m$), en él un eritrocito por muy flexible que sea no cabría, ya que su diámetro es de aproximadamente de entre 6 y $8\mu m$.

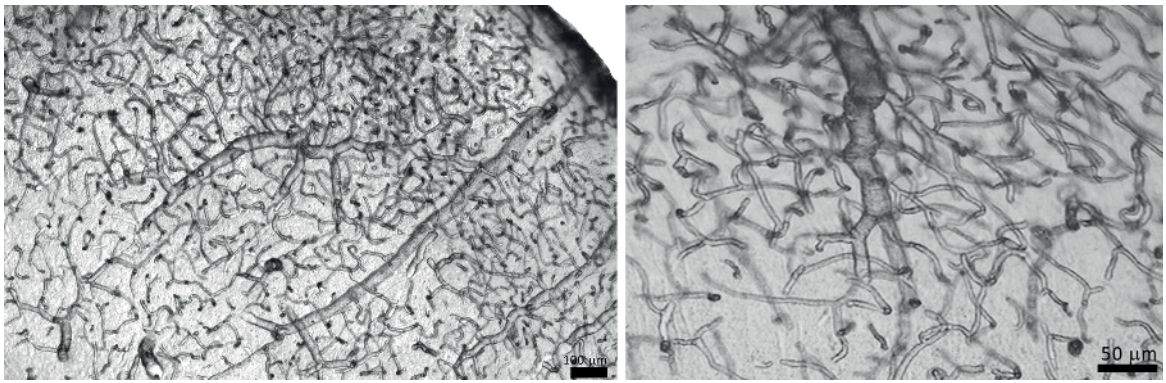


Figura 1. Anatomía de la microcirculación en la región de la corteza cerebral de la rata. A la izquierda se muestra la apariencia de algunos vasos grandes con sus ramificaciones y, de éstas, algunos capilares (4x). La imagen de la derecha a mayor aumento (40x) nos permite observar una rama de aproximadamente 20 µm y la gran cantidad de capilares a su alrededor de entre 2 y 6 µm de diámetro.

Esto indica la necesidad de un gran espacio dentro del cerebro, ya que el número de células que alberga es enorme, todas con funciones importantes. Así que reconociéndose que no hay espacio suficiente para la formación de nuevos vasos y/o capilares, ¿cómo hace el cerebro para cubrir los requerimientos energéticos y de oxigenación de sus áreas cuando éstas tienen una mayor actividad?

Por ejemplo, cuando tenemos que resolver un problema contra reloj, cuando hacemos ejercicio o, incluso, en el caso de las mujeres, durante el embarazo y la lactancia, cuando los requerimientos energéticos cambian por completo, ¿qué pasa? (ver Fig. 2).

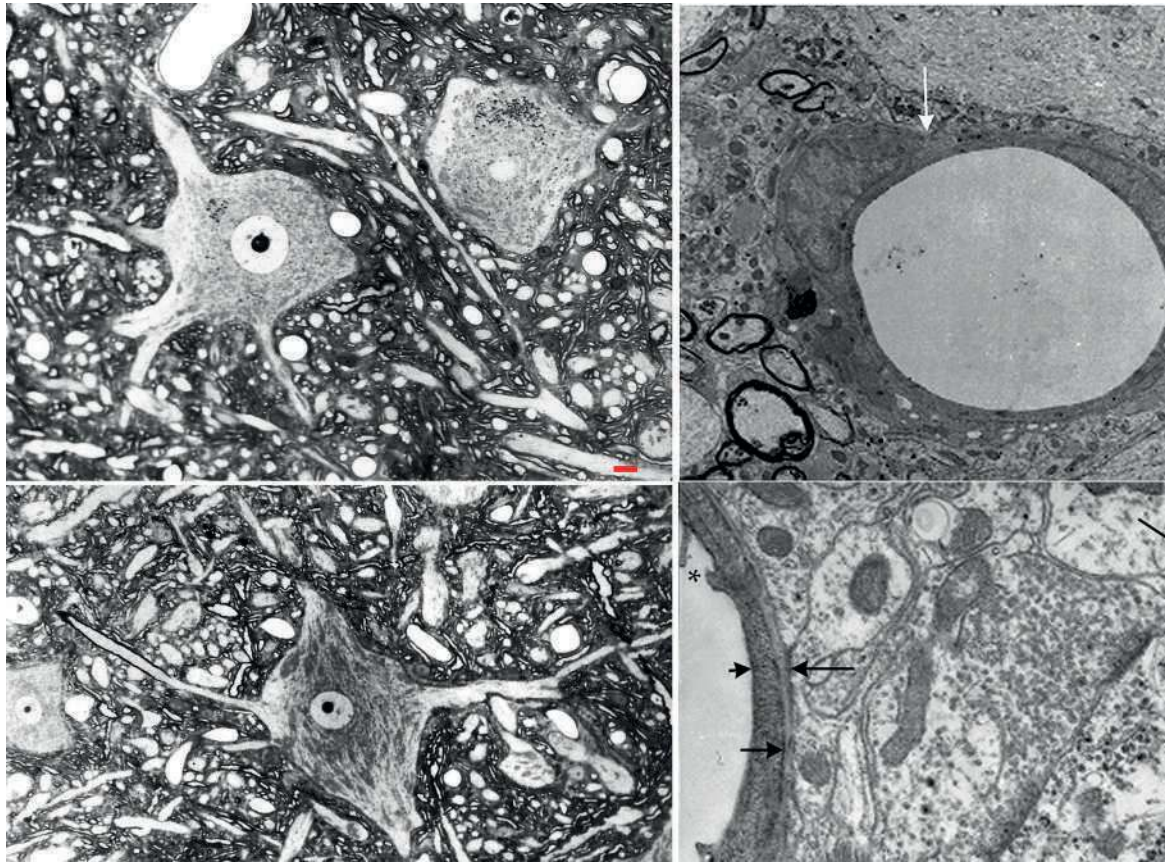


Figura 2. Anatomía con microscopía de luz (izquierda) y electrónica (derecha) de capilares en la médula espinal. En la izquierda se muestran los núcleos, nucléolos y dendritas de las motoneuronas presentes, así como de algunos vasos y capilares (los huecos) alrededor de estas células. La imagen de la derecha muestra con mayor claridad la anatomía transversal de un capilar, en donde podemos observar su diámetro tanto interno como externo, el núcleo de la célula endotelial que lo forma, así como las estructuras que envuelven al capilar hacia su exterior; además, se puede notar la cercanía de una neurona con el capilar.

Afortunadamente, en el cerebro existe la llamada plasticidad, que se relaciona con cambios temporales en su actividad y en su microanatomía. Por ejemplo, durante el periodo de lactancia existe una región conocida como núcleo paraventricular, cuya actividad se modifica en este preciso periodo para la producción de la hormona oxitocina, que ayuda a expulsar la leche para que las crías puedan alimentarse. Sin los niveles correctos de esta hormona la lactancia materna no sería posible.

Con toda esta información decidimos observar los capilares de este núcleo en una rata virgen y en una lactante, esperando ver grandes diferencias, y ¡vaya sorpresa que recibimos!, la cantidad y los diámetros externos de los capilares eran muy similares entre estos dos grupos; pero cuando medimos los diámetros internos de los capilares encontramos diferencias muy grandes: en los animales vírgenes los diámetros pequeños abundan, pero en la lactancia son los diámetros mayores los que predominan en este núcleo.

Para comprender lo que está pasando es necesario elaborar esquemas que nos ayuden a integrar la información sobre el problema que se está estudiando. En este caso sabemos que las células endoteliales están detrás de este cambio plástico en la microcirculación cerebral, y al tener una forma tubular estas células pueden disminuir su citoplasma y comprimir su núcleo para facilitar el aumento en el paso del plasma sanguíneo y, al contrario, para disminuirlo (ver Fig. 3).

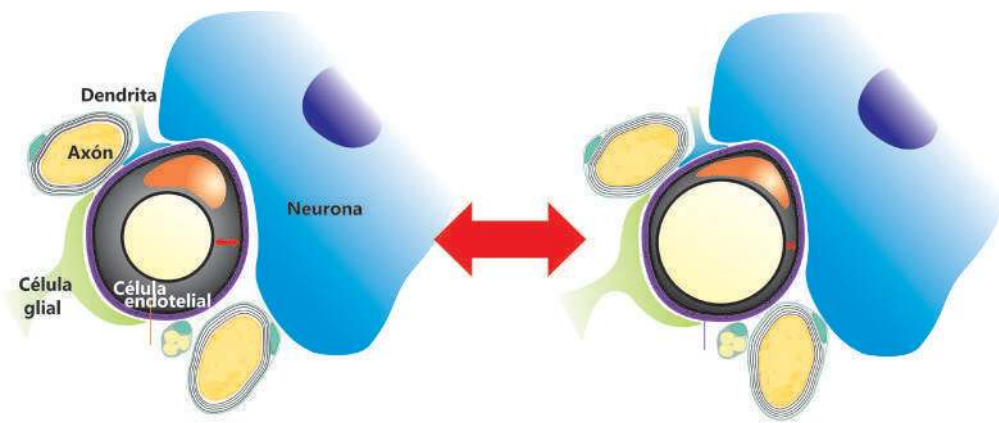


Figura 3. Diagrama ilustrando el modelo de organización de un capilar en el sistema nervioso central. Se muestra el tamaño del diámetro interno y externo de la célula endotelial (gris), con su núcleo (naranja), y otros elementos externos como neuronas (azul), axones, y células gliales. En el esquema se muestra cómo se adapta la célula endotelial a un aumento en su diámetro interno cuando se necesita un mayor aporte circulatorio. Nótese que el diámetro externo no se afecta por este cambio (modificado de Cortes-Sol *et al.*, 2013).

Esta función de las células endoteliales es indispensable para que nuestro cerebro se mantenga operando correctamente, incluso cuando se presentan infartos cerebrales (accidentes cerebrovasculares), trombosis cerebrales, tumores o cisticercosis. Comprender mejor la función de estas células que integran la tubería del cerebro es una tarea vital para el futuro de la neurofarmacología y, en general, de la medicina moderna para que los medicamentos puedan llegar a los lugares correctos.

DISCULPA, ¿TE CONOZCO? EL RECONOCIMIENTO DE ROSTROS DESDE LAS NEUROCIENCIAS

[1]Juan Fernández Ruiz, [2]Eliane Ronzón González

[1]Investigador SNI-2 del Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), actualmente investigador invitado en la Universidad Veracruzana. Investigador Biomédico por la UNAM, con Maestría y Doctorado en Investigación Biomédica (área de Neurociencias) por la misma institución y Postdoctorado en Neuropsicología por el National Institute of Mental Health, Bethesda, Estados Unidos. *Contacto: juanfernandezruiz@yahoo.com*

[2]Posgrado en Neuroetología de la Universidad Veracruzana.

Una de las experiencias sociales más frustrantes a la que muchos nos hemos enfrentado es cuando nos encontramos con alguien que nos saluda y no tenemos ni idea de quién es esa persona. Es típico que estás comiendo en un restaurante, pasa alguien, te mira, e inmediatamente se dirige a ti para saludarte … "¡hola, cuanto tiempo sin vernos!", y uno pone una sonrisa forzada, mientras el cerebro piensa a toda prisa quién demonios es esta persona que te saluda tan afectuosamente. Este tipo de experiencias, por demás incómodas, generalmente no son usuales, ya que la mayoría de las veces reconocemos sin chistar cientos de rostros de forma cotidiana. Estas situaciones nos pueden servir para darnos cuenta de la gran capacidad que tiene nuestro cerebro para procesar exitosamente (la mayoría de las veces) este tipo de información visual.

Tenemos que ser hábiles para procesar rostros porque es fundamental en nuestras interacciones sociales. Parte de esta gran

capacidad que poseemos se la debemos al sistema de percepción de rostros. Un sistema especializado en el que se han identificado tres áreas cerebrales esenciales: 1) fusiforme de rostros, 2) occipital de rostros, y 3) surco temporal superior.

Se sugiere que estas áreas pueden tener papeles predominantes en algunos aspectos específicos al procesar un rostro; por ejemplo, el área del surco temporal superior pudiera estar más relacionada con el análisis de las expresiones faciales que con la identificación de los rostros. Además de estas estructuras, se ha encontrado que existen otras áreas, conocidas como las áreas extendidas del sistema de rostros, que también participan en el procesamiento de caras. Dentro de ese sistema se encuentran, por ejemplo, los núcleos amigdalinos, que están involucrados en el procesamiento de información emotiva de los rostros.

Una de las líneas de investigación que seguimos en nuestro laboratorio en relación con este tema, es la de explorar cómo hace el cerebro para percibir y reconocer tantas caras diferentes, pero de forma particular nos hemos enfocado a entender qué pasa cuando creemos reconocer un rostro que en realidad nunca habíamos visto. Esto es relevante en diversas esferas, incluyendo el ámbito judicial. Para entender esto vamos a suponer que estás en el banco y ves algunas de esas fotografías que pegan en la pared con los criminales que han asaltado los cajeros automáticos. Te acercas a verlas con detalle y de repente te das cuenta de que en una de las fotografías aparece una persona que recién viste en la tienda de la esquina, es más, estás súper seguro de que la acabas de ver. En ese instante podrías avisarle al policía bancario de la presencia del susodicho, sin embargo, también podrías estar equivocado, es decir, identificarlo falsamente y meter en un problemón a una persona que ni la debe ni la teme. ¿Qué es lo que dice nuestra investigación respecto a esto?

Desarrollamos un experimento en el que les presentábamos fotografías de rostros a docenas de estudiantes. Todos los rostros eran nuevos para ellos, y lo único que tenían que hacer era contestar si los habían visto con anterioridad o no. Una vez que contestaban, les pedíamos que nos dijeran qué tan seguros se sentían de lo que nos estaban reportando. A medida que progresaba el estudio empezábamos a presentar algunos rostros repetidos entre los rostros nuevos. Por lo tanto, las respuestas de los participantes podían ser clasificadas en cuatro tipos: el primero, cuando veían un rostro nuevo y lo reportaban como nuevo; el segundo tipo, cuando veían un rostro repetido y lo reportaban como tal; el tercero, cuando veían un rostro nuevo y lo reportaban como repetido, y finalmente, el cuarto, cuando veían un rostro repetido y lo reportaban como nuevo. Los dos primeros tipos de respuestas son correctas, puesto que el cerebro identifica si había visto o no ese rostro. Los dos últimos tipos de respuestas son errores, ya que se reporta haber visto, o no, un evento que no sucedió realmente.

Los resultados que obtuvimos en este experimento fueron sorprendentes y coinciden con estudios previos en la literatura de este campo de investigación. Los participantes indicaron alrededor del 55% de las veces en las que se les presentaron rostros nuevos no haberlos visto con anterioridad, lo cual era acertado. Sin embargo, cerca del 40% de las ocasiones los participantes respondían haber visto los rostros nuevos anteriormente, a pesar de no ser así. Es decir, casi la mitad de los participantes se equivocaron al pensar que sí habían visto alguno de los rostros. Lo más

interesante es que casi la mitad de las veces en que los sujetos cometían este error respondían que estaban muy seguros de su respuesta. Como se puede suponer, esto tiene un alto impacto en procesos judiciales en los que se les solicita a testigos identificar –basándose en una fotografía– al presunto culpable de un delito. Aun cuando el testigo se sienta muy confiado de que está identificando el rostro del criminal, existe una probabilidad significativa de que esté equivocado.

Así como cometemos errores al identificar a alguien, nuestros estudios también nos permiten analizar los errores de olvido, que son aquéllos en los que el sujeto responde no haber visto un rostro a pesar de que se lo hemos presentado incluso hasta tres veces durante el experimento. Lo interesante es que en esta modalidad los participantes también dijeron estar muy seguros de su respuesta, aunque en realidad no recordaban que ya habían visto esos rostros. Es con esto que podemos darnos cuenta de que nuestra memoria no funciona como una cámara de video, es falible y, además de todo, es probable no darnos cuenta de nuestro error.

Volviendo al cerebro, en nuestro estudio analizamos si podíamos identificar activaciones distintivas del falso reconocimiento de rostros. Los resultados arrojaron dos áreas específicas asociadas a este fenómeno, que son el giro precentral del hemisferio derecho, y la corteza del cíngulo. En otros estudios estas áreas también se han encontrado activas cuando alguien está esforzándose por recordar algo o cuando está confundido. Por lo tanto, si tenías en mente denunciar a la persona que viste en la tienda de la esquina como presunto asaltante de cajeros autómaticos, ahora sabes que sería mejor pensarlo dos veces.

Sin embargo, está claro que aún es muy temprano para determinar si las activaciones en estas regiones cerebrales presentan características que permitan, en un futuro, identificar si alguien está cometiendo un falso reconocimiento. Lo que sí es seguro es que realizar este tipo de análisis ha permitido un importante avance en el entendimiento del funcionamiento cerebral.

El descubrimiento del área fusiforme del rostro como una región cerebral dedicada específicamente al procesamiento de información facial no solamente resultó en la identificación de un área que procesaba rostros, sino que permitió seguir definiendo un número importante de áreas que están involucradas en procesos mentales específicos (como el procesamiento de información de partes del cuerpo, o de la percepción del movimiento). Así se revolucionó el concepto de modularidad de procesamientos cognitivos. A través de la producción del conocimiento por medio de estos estudios, podemos dar un paso adelante en el entendimiento de cómo es que el funcionamiento cerebral da lugar a lo que conocemos como nuestra mente.

¿POR QUÉ LOS HUMANOS TENEMOS EXPERIENCIAS RELIGIOSAS Y ESPIRITUALES?

[1]Luis Beltrán-Parrazal, [2]Consuelo Morgado-Valle

[1]Investigador SNI-2 del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana. Biólogo por la Universidad Nacional Autónoma de México, con Maestría en Fisiología y Doctorado en Neurobiología por la misma institución. *Contacto: lubeltran@uv.mx*

[2]Investigadora del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana.

Aproximadamente el 90% de los humanos tenemos creencias espirituales o religiosas (CER), y pensamos que es posible percibir "seres" o "presencias" sobrenaturales que no pueden ser explicadas de una forma lógica. Es importante aclarar que, aunque se han realizado múltiples esfuerzos para tratar de separar la religiosidad de la espiritualidad como fenómenos conductuales diferentes, no se ha podido lograr, por lo que en este texto se manejarán como un solo fenómeno. Estudios científicos han sugerido que las CER pueden tener efectos positivos o negativos sobre nuestra salud física; sin embargo, aún no es claro cómo es que nuestro cerebro regula estos procesos.

Por mucho tiempo, en el campo de la neurociencia (ciencia encargada del estudio del sistema nervioso de los animales, incluido el humano) se ha evitado estudiar o tratar de explicar cómo es que nuestro cerebro aprende y mantiene sus CER. Parte de la complejidad de estudiar este fenómeno radica en que las CER están compuestas por memorias, emociones y conductas, componentes que son difíciles de

controlar y medir en un laboratorio, lugar donde usualmente los neurobiólogos y neuropsicólogos estudian el comportamiento del sistema nervioso. También es importante destacar que existen componentes culturales que frenan el estudio de estas conductas. Frases como "no hables de religión ni de política porque puede desencadenar un conflicto" son candados que las sociedades han impuesto e impiden conocer y debatir sobre éste y otros temas. Sin embargo, esta actitud hacia el estudio de cómo nuestro cerebro participa en el proceso del mantenimiento de las CER debe cambiar. Recordemos que todo lo que desconocemos suele disparar en nuestro cerebro la conducta del miedo, la cual nos puede llevar al congelamiento del conocimiento y la perpetuación de la ignorancia sobre nuestro yo.

A pesar de este escenario, existen esfuerzos de grupos de filósofos, sociólogos, neurobiólogos y neuropsicólogos que han puesto a debate este tema a nivel mundial. A continuación, se comentarán algunos de los descubrimientos que los neurocientíficos han hecho acerca de cómo nuestro sistema nervioso participa en la generación y percepción de nuestras CER.

Hoy en día sabemos que nuestro cerebro tiene la gran capacidad de asignar intencionalidad y propósitos a las cosas inanimadas. ¿Qué quiero decir con esto? Pondré un ejemplo: le mostramos a una persona una caricatura animada en donde aparecen un triángulo grande y uno chico en una caja moviéndose detrás de un círculo; el triángulo grande bloquea el paso del triángulo chico e impide que se acerque al círculo. Al final, después de muchos intentos, el triángulo chico y el círculo quedan juntos. Ahora, preguntemos a esa persona qué es lo que vio. La persona, de forma inmediata, inventaría una historia semejante a la siguiente: el triángulo chico está enamorado del círculo, el triángulo grande los quiere separar, pero a pesar de ello, el triángulo chico lucha por estar cerca del círculo hasta conseguirlo y vivir feliz con él. Se preguntarán ¿qué tiene que ver esto con las CER? Pues resulta que este experimento nos muestra que el cerebro de los humanos tiene la capacidad de detectar y conectar eventos, sin que éstos se encuentren necesariamente relacionados; ésta es una tendencia de nuestro cerebro a elaborar historias para explicarnos el mundo que nos rodea.

Además de esta característica, nuestro cerebro también tiene la gran habilidad de identificar caras en objetos inanimados, e incluso de asignar emociones a esas caras. Una carita sonriente en la espuma del café, una cara diabólica en la ropa tirada en el suelo en la oscuridad. Estas dos habilidades, la de asignar intencionalidad y la de identificar caras, han sido perfeccionadas a través de miles de años de evolución del cerebro y son de gran importancia porque son las responsables de mantenernos a salvo de cualquier animal, persona o cosa que potencialmente nos pueda dañar.

Y, nuevamente, ¿qué tiene que ver esto con las CER y los mensajes del más allá? Daré un ejemplo: en el Internet existen miles de fotos donde las personas dicen que es posible ver la cara de un extraterrestre, o una cara diabólica, o un espíritu en las nubes, en formaciones montañosas, en la superficie de Marte, o en una tortilla quemada. A este fenómeno se le conoce como pareidolia, que es la acción de interpretar un estímulo vago –visual o auditivo– como algo conocido por la persona que lo recibe. Otro ejemplo de esta conducta humana son los mensajes diabólicos que se creen escuchar en grabaciones de música cuando se reproduce en sentido inverso el sonido de la melodía.

Recientemente, los neurocientíficos han encontrado que las personas que dicen tener experiencias paranormales tienen mayor actividad cerebral en la parte derecha de su cerebro (hemisferio cerebral derecho). Además, exageran su sentido de la intuición, y son especialistas en percibir caras en donde no existen.

Otros estudios han encontrado que, en esas personas, las neuronas que secretan en el cerebro el neurotransmisor conocido como dopamina, lo hacen de una forma aumentada (a este fenómeno se le denomina hiperdopaminergia), la cual también está asociada al hemisferio derecho del cerebro.

Esto no debe asustarnos. El cerebro de cada individuo funciona de una forma distinta, y el carácter, las habilidades para realizar ciertas tareas, las emociones y el aprendizaje, entre otras conductas, dependen directamente de cómo funciona nuestro cerebro. Un mal funcionamiento de éste puede provocar que los eventos paranormales que pudiéramos llegar a experimentar, sean tan frecuentes y descontrolados que afecten las actividades de nuestra vida cotidiana. Alrededor del mundo los psiquiatras han notado que entre el 75 y el 90% de las personas con síntomas psicóticos (los cuales incluyen experiencias paranormales como ver al diablo, espíritus o la muerte), provocados por el consumo de drogas y/o alcohol, o la presencia de tumores o quistes en el cerebro, son transitorios y desaparecen con el tiempo.

Por otra parte, los neurólogos han encontrado que en personas con esquizofrenia o que sufren ataques epilépticos, se puede presentar hiper-religiosidad (religiosidad extrema). También se ha observado que personas con trastorno bipolar o con psicosis inducida por alucinógenos, presentan periodos psicóticos con experiencias paranormales tales como trances, posesiones o experiencias extracorpóreas. Además, se ha observado que pacientes diagnosticados con esquizofrenia y medicados, presentan abundantes alucinaciones auditivas en las que Dios, el Diablo, profetas o santos les hablan, o bien, exhiben delirios paranoicos de posesión o relacionados con la llegada de un salvador heroico. Aunque la presencia de contenidos religiosos en las psicosis no se restringe a un tipo específico de religión, el contenido mismo se sabe que está asociado al tipo de educación religiosa de los pacientes y a su cultura.

En la neuropsiquiatría, la comprensión de los mecanismos de los trastornos clínicos puede ser muy valiosa para entender no solo las enfermedades psiquiátricas, sino también las funciones cerebrales afectadas. Al analizar las conductas y asociarlas con la anatomía y los registros electrofisiológicos del cerebro de pacientes psiquiátricos, los neurocientíficos pueden llegar a entender cuáles son los mecanismos cerebrales de las CER y, al mismo tiempo, dilucidar la base neurológica de la psicosis delirante.

Por ejemplo, se ha observado que después de un ataque epiléptico los pacientes presentan delirios religiosos asociados con una mayor actividad eléctrica y metabólica de la corteza prefrontal izquierda. También se ha advertido que otras partes de la corteza cerebral, como la orbito frontal, parecen participar en la regulación o generación de estas experiencias, como lo indican estudios de la medición de materia gris con resonancia magnética estructural del cerebro de personas con episodios psicóticos pasajeros.

Es importante enfatizar que la cantidad de estudios acerca de cómo se generan las CER en humanos sanos o con enfermedades psiquiátricas es muy reducida. En nuestro país no existe este tipo de investigaciones, pero es muy importante que se realicen en nuestro contexto religioso y cultural.

Para compartir el conocimiento actual del cerebro, los investigadores del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana y los miembros del Capítulo del Sureste de México de la Society for Neuroscience, nos damos a la tarea de organizar de forma anual la Semana Mundial del Cerebro, durante la tercera semana de marzo, en Xalapa, Veracruz. Este evento nos permite comunicar nuestro conocimiento y enseñar a los niños y al público en general cómo y dónde se generan nuestras memorias, emociones y pensamientos. Además, a través de juegos, explicamos cómo funciona nuestro sistema nervioso y el de otros animales (el de los insectos, por ejemplo). Más aún, nos hemos dado a la tarea de explicar cuáles son las enfermedades neurodegenerativas y la importancia de ser atendido por un neurólogo cuando se sufre de golpes en la cabeza o se ingieren drogas o toxinas que nos hacen alucinar o delirar.

El objetivo principal de este evento es que nuestra sociedad sea consciente de que debe cuidar su cerebro y, por otro lado, inspirar a niños y jóvenes para que realicen sus estudios profesionales en una carrera médica o de investigación científica o clínica acerca del funcionamiento del cerebro.

BUENO, Y A TODO ESTO ¿QUÉ RAYOS TIENE QUE VER EL CEREBRO CON LA COMIDA?

[1]Jorge M. Suárez Medellín, [2]Carmen Aguirre Torres

[1]Técnico Académico (SNI-C) del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana (UV). Biólogo por la UV, con Maestría en Ciencias Alimentarias por la misma institución y Doctorado en Ciencias en Alimentos por el Instituto Tecnológico de Veracruz. *Contacto: josuarez@uv.mx*

[2]Asistente de Investigación del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana

Desde que fui amablemente invitado a escribir este texto, en el marco de la celebración de los primeros diez años de organización de la Semana Mundial del Cerebro por parte del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana, me di cuenta de que se trataba de una oportunidad dorada para reunir dos de mis más preciados intereses en un solo artículo. Debo confesar (y la mayor parte de mis conocidos seguramente avalarían dicho testimonio) que frecuentemente me obsesiono con todo lo tenga que ver con los placeres de la mesa. En cuanto al cerebro, bueno, parafraseando al gran Woody Allen, se trata de mi segundo órgano favorito (el primero es, claro está, el estómago, ¿o ustedes qué pensaban?).

En fin, lo cierto es que existen muchas formas de relacionar al encéfalo con la comida, y quizás la más sencilla de ellas sea hablar de los tacos de sesos. Y es que, como sabrán, el ingrediente principal de ese manjar es precisamente, ejem, pues sesos (¡duh!).

O sea, el cerebro de otros animales, principalmente reses y cerdos. Por cierto que, aun cuando existen obvias diferencias entre los cerebros bovinos y porcinos con respecto al nuestro, las similitudes morfológicas son sorprendentes, por lo que los sesos de animales suelen ser usados –además de para hacer taquitos y empanadas– en prácticas de laboratorio para estudiantes de nivel medio. Esto se debe, en última instancia, a que todos los mamíferos descendemos de un ancestro común, lo que hace que compartamos varias características anatómicas.

Sin embargo, la relación entre el cerebro y los tacos de sesos es tan obvia que preferiría que no fuese el tópico principal de este texto. En todo caso, le dejaría el tema a un divulgador menos experimentado (digamos, por ejemplo, la versión de Su Seguro Servidor de hace tres lustros, tal y como lo pueden ver en el siguiente enlace: https://www.youtube.com/watch?v=UaRZaJf3OXw).

Otra opción menos gastada para abordar el vínculo entre el cerebro y la comida, sería hablar de aquellos alimentos específicamente asociados con algún efecto en el desarrollo y/o función del sistema nervioso central. Es decir, un caso particular de eso que en la jerga de las ciencias alimentarias ha dado en llamarse alimentos funcionales.

La idea de que la pitanza de todos los días tenga otra utilidad aparte de simplemente quitar el hambre y proveernos de los nutrientes esenciales para llevar a cabo nuestras actividades cotidianas, es todo menos novedosa. Ya desde el siglo IV antes de nuestra era, el griego Hipócrates de Cos (famoso tanto por su juramento homónimo como por ser padre de la profesión médica), reconocía la importancia de la alimentación en el mantenimiento de la salud. Tanto así, que justamente a él se le atribuye el siguiente consejo: "Deja que las medicinas sean tu alimento y los alimentos tu medicina".

Con semejante abolengo a cuestas, no es de extrañar que el concepto haya llegado hasta nuestros días. En la actualidad, se le llama alimento funcional a cualquier platillo o ingrediente consumido como parte de la dieta y del cual se haya demostrado satisfactoriamente su capacidad de afectar positivamente a una o más funciones del organismo más allá de la adecuada nutrición, de tal manera que su ingesta incremente la salud y el bienestar o reduzca el riesgo de contraer alguna enfermedad. Así, hay algunos alimentos funcionales con efecto en la salud cardiovascular, otros capaces de prevenir hasta cierto punto la incidencia de diferentes tipos de cáncer, y sí, algunos más cuya acción se encuentra directamente relacionada con las funciones del sistema nervioso central.

Si lo pensamos con cuidado, tampoco es que la idea de que ciertos ingredientes de la dieta modifiquen las funciones de nuestro cerebro sea tan extravagante. Digo, todos sabemos del efecto que la habitual taza de café por las mañanas, el par de copas de vino tinto durante la cena, o la media docena de chocolatinas el día de San Valentín, tienen en nuestro comportamiento y percepción del entorno (es decir, en algunas de las funciones clave del encéfalo). Sin embargo, ni la cafeína, ni las metilxantinas del chocolate, ni muchísimo menos el alcohol del vino tinto, tienden a asociarse con una mejoría en la salud, por lo que no suelen ser considerados dentro del selecto grupo de los alimentos funcionales.

Pero hay otros ingredientes de nuestra dieta que sí que juegan un papel muy importante en el mantenimiento de la

salud de nuestra sesera. Tomemos, por ejemplo, el caso del ácido alfa linolénico, uno de los ácidos grasos poliinsaturados cuyo consumo es esencial para la mayoría de los mamíferos, incluyendo al ser humano.

El ácido alfa linolénico, comúnmente encontrado en aceites vegetales como el de soya o canola, así como en verduras tales como la espinaca y la col de Bruselas, tiene una gran variedad de funciones en el organismo, y una de ellas es servir como precursor de otro importante ácido graso de cadena larga: el ácido docosahexaenóico (o DHA, para evitar la fatiga). ¿Y eso qué? Se podrán preguntar. Bueno, pues resulta que el DHA es uno de los componentes principales tanto de la retina de los ojos, como de las membranas neuronales asociadas con el establecimiento de sinapsis en el cerebro. De tal forma que una deficiencia en la ingesta de ácido alfa linolénico durante el embarazo, suele estar relacionada con

el deterioro de la función cortical encargada de la vista en los recién nacidos.

Más aún, una gran cantidad de estudios realizados en modelos animales sugiere que la reducción en las concentraciones de DHA en el cerebro tiende a ir acompañada de un peor desempeño cognitivo y diversos problemas del comportamiento. Esto por supuesto, no quiere decir que consumir mucho DHA (o su precursor, el ya mencionado ácido alfa linolénico) vaya a convertirnos automáticamente en los Einstein del barrio, pero sin duda que es un buen argumento para que tanto las futuras madres como los niños en desarrollo incluyan a ambos ácidos grasos en su dieta regular. Entre los principales alimentos que pueden servir como fuente dietética de DHA, se encuentran diversos tipos de pescados como salmón, atún o anchoas y, en menor medida, la yema del huevo de gallina.

Otro nutriente que juega un papel fundamental en el desarrollo del cerebro durante la gestación es el ácido fólico. De hecho, se ha visto que el consumo de alimentos ricos en esta vitamina perteneciente al complejo B, durante el embarazo, disminuye considerablemente la probabilidad de que el bebé padezca diversas anomalías congénitas del sistema nervioso, incluyendo la enfermedad conocida como espina bífida. Por fortuna, se trata de un nutrimento relativamente común, presente en la mayor parte de las hortalizas de hojas verdes, en las legumbres, en los cítricos y hasta en el pan y en las tortillas, aunque en este último caso se debe más bien al uso de harinas enriquecidas artificialmente.

Por cierto que el ácido fólico no solamente es útil en el cerebro en desarrollo. También se ha relacionado a la deficiencia en el consumo de ácido fólico durante la edad adulta, con cambios bruscos de estado de ánimo, e incluso trastornos psiquiátricos tales como la depresión.

Como hemos visto, para conectar al cerebro con la alimentación, no es forzoso recurrir a los tacos de sesos. Por el contrario, la lista de ingredientes presentes en la dieta y capaces de ejercer un efecto potencialmente benéfico en el sistema nervioso, es sumamente larga y crece día con día. ¿Quién iba a decir que el cerebro resultaría ser un glotón? (Ok, bueno, el glotón soy yo, pero es culpa de mi cerebro). En fin, provecho y esperamos que hayan disfrutado de esta primera década de la Semana Mundial del Cerebro, tanto como nosotros disfrutamos cocinándola.

¡MI CEREBRO ME ESTRESA Y ME ENGORDA!

[1]Deissy Herrera Covarrubias, [2]Viridiana Sánchez Zavaleta,
[2]Fabiola Pérez Soto, [2]Alejandro Mateos Moreno

[1]Investigadora SNI-C del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana (UV). Nutrióloga por la UV, con Maestría y Doctorado en Neuroetología por la misma institución y Postdoctorado en el Departamento de Neuroinmunología, Estrés y Endocrinología de la Universidad de Ottawa, Canadá. *Contacto: dherrera@uv.mx*

[2]Estudiante del Doctorado en Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana.

Todos los seres humanos necesitamos alimento para mantener las funciones vitales de nuestro organismo y sobrevivir. Tener un peso adecuado significa que consumimos la misma cantidad de energía que gastamos, es decir, hay un balance neutro. Sin embargo, cuando consumimos alimento de más y no gastamos esa energía obtenida, se forma un balance positivo, con lo cual subimos de peso. Si este patrón continúa, entonces desarrollaremos obesidad, un estado que se define como la acumulación excesiva de grasa en el organismo y que puede ser perjudicial para la salud, debido a que incrementa el riesgo de sufrir diversas enfermedades.

En un principio se creía que la grasa (tejido adiposo) solo funcionaba para almacenar energía. Tiempo después se planteó que las células que conforman el tejido graso, llamadas "adipocitos", también pueden producir mensajeros químicos que regulan la actividad del sistema inmune, el cual está encargado de protegernos de microorganismos dañinos que causan enfermedades y asegurar que las células de nuestro cuerpo que se reproducen sean exclusivamente las sanas. Considerando lo anterior, algunas investigaciones propusieron que la obesidad podría causar alteraciones en el sistema inmune y promover la reproducción de células no sanas, lo cual facilitaría la aparición de algunos tipos de cáncer.

Pero antes de hablar de enfermedades, detengámonos en una pregunta que seguramente todos nos hemos planteado: ¿Por qué sentimos hambre y, una vez que comemos, cómo es que percibimos la saciedad? Ambas sensaciones están reguladas por el cerebro, pues él controla muchas de nuestras funciones,

como un director de orquesta lo hace cuando sus músicos interpretan una sinfonía.

A través de sustancias químicas muy específicas, el cerebro es capaz de producir motivación por la comida o indicarnos que es momento de dejar de comer, produciendo saciedad. Las sustancias que controlan el hambre (hormonas) se producen y se detectan principalmente en una parte del cerebro llamada hipotálamo. Cuando llevamos varias horas sin comer, nuestro cerebro incrementa el deseo por la comida, lo cual nos hace ir en busca de alimento. En cambio, después de comer se elevan nuestros niveles de glucosa en sangre y, al detectarlo, el cerebro envía otras señales para que el deseo por la comida disminuya y dejemos de comer; éste es el momento en que nos sentimos "llenos" o satisfechos.

Sin embargo, hay que decir que además de la necesidad vital de ingerir alimento también existe placer por la comida; de no ser así sería mucho más sencillo mantener el peso ideal. Ese placer puede estar inclinado hacia alguno de los diversos sabores que nos proporciona la alimentación: dulce, amargo, ácido o salado, y estas preferencias también están determinadas por el cerebro, así que podríamos decir que 'saboreamos' a través de este órgano.

Desde que estamos en el útero, a través de la dieta materna recibimos información de los diferentes sabores y de manera innata preferimos lo dulce a lo amargo. Después de nacer, la preferencia se mantiene por el sabor que proporciona la leche materna, nuestro único alimento durante los primeros cuatro –y a veces hasta seis– meses de vida. La información de esta preferencia se almacena en nuestro cerebro, lo que permite mantener el recuerdo incluso mucho tiempo después. Algunos investigadores han llegado a sugerir que la preferencia por cierto tipo de alimentos es muy difícil de erradicar y, por tanto, eliminarlos de nuestra dieta, porque nos evocan de manera placentera recuerdos importantes del pasado, incluso de la infancia. Por lo tanto, los alimentos que preferimos o nos provoca placer consumir están controlados por el cerebro.

Sin embargo, no solo la comida nos engorda, existen otras causas que pueden originar que subamos de peso; por ejemplo, el estrés. Todos hemos escuchado hablar del estrés alguna vez y también lo hemos padecido en algún momento, ya sea por una carga de trabajo excesiva, malas relaciones personales, problemas económicos, sentimentales, etcétera. ¿Cómo puede el estrés influir en nuestro peso? La respuesta parece encontrarse en la actividad del hipotálamo.

Cuando nos estresamos, el hipotálamo libera una hormona que llega a la glándula pituitaria (otra parte del cerebro) y ésta, a su vez, producirá otra hormona que viajará a través de la sangre y llegará a nuestras glándulas suprarrenales (que se encuentran en la parte superior de nuestros riñones) a fin de que liberen una hormona llamada cortisol, mejor conocida como la hormona del estrés.

El cortisol incrementa la gluconeogénesis, la cual se refiere a la nueva producción de glucosa en el hígado. Asimismo, aumenta la cantidad de ácidos grasos de nuestro tejido adiposo con lo cual obtenemos la energía necesaria para afrontar alguna situación estresante. De esta manera el estrés nos prepara para afrontar circunstancias que requieren energía activando el eje hipotálamo-pituitaria-adrenal (HPA).

Sin embargo, si el estrés dura mucho tiempo (crónico) se alterará la actividad del eje HPA, con lo que se favorecerá la ganancia de peso. El cortisol favorece que se acumule grasa en nuestro cuerpo, aunque no en cualquier zona. Personas estresadas acumulan grasa especialmente en la zona central o abdominal, mejor conocida como obesidad tipo manzana.

El cortisol también inhibe a otras hormonas que están implicadas en la saciedad y que influyen en el peso, como la hormona estimulante de la tiroides (TSH). La TSH influye en el funcionamiento de nuestro metabolismo y al no liberarse éste se vuelve más lento. Con el estrés también disminuye la actividad de la leptina, una hormona producida por los adipocitos que se encarga de indicar al hipotálamo cuándo es momento de dejar de comer.

Estar estresado de manera constante favorece la acumulación de grasa en nuestro cuerpo.

Por lo tanto, si el cortisol disminuye la actividad de la leptina, ésta no proporcionará de manera correcta al cerebro la señal de saciedad, además de que disminuirá la actividad de nuestro metabolismo, favoreciendo el incremento de tejido adiposo que conlleva a la obesidad. En pocas palabras, el estar estresado de manera constante favorece la acumulación de grasa en nuestro cuerpo, por lo que tarde o temprano presentaremos sobrepeso u obesidad. Y, como se puede apreciar, quien desencadena toda esta cascada de complicaciones es nuestro cerebro.

En las personas delgadas existe poca leptina, debido a que hay poco tejido graso; en contraste con la obesidad, donde es abundante. La obesidad también induce envejecimiento celular y hace que disminuya la materia blanca de nuestro cerebro. En algunos casos se origina una neurodegeneración que puede facilitar la aparición de diferentes enfermedades.

Además, como se indicó al inicio de este artículo, tener sobrepeso u obesidad parece favorecer el desarrollo de diversos tipos de cáncer, tales como el de páncreas, de vesícula, colorrectal, de mama, de próstata y de endometrio. Una de las causas que explican esta relación es que la obesidad favorece el incremento de sustancias que inducen un estado inflamatorio subclínico que afecta a nuestras células.

Por otra parte, la inflamación que induce la obesidad no solo favorece la incidencia de cáncer, sino también afecta de manera severa al cerebro, ya que acelera la pérdida de funciones cognitivas, disminuyendo nuestras capacidades de aprendizaje y memoria.

Por consiguiente, la relación estrés-obesidad es un binomio difícil de separar cuando estudiamos la salud cerebral. Nuestro cerebro regula la percepción de estrés, así como la ingesta de alimentos y la saciedad, resultando en cambios en nuestro peso corporal. Así que, hagamos lo posible por regular el estrés y nuestro cerebro nos ayudará a no engordar.

CÁNCER DE MAMA Y CEREBRO

[1]Fausto Rojas Durán, [2]Mariana Giezi Jiménez Buendía, [2]Jesús Antonio Lara Reyes

[1]Investigador SNI-C del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana (UV). Químico Farmacéutico Biólogo por la UV, con Maestría y Doctorado en Neuroetología por la misma institución y Postdoctorado en el Departamento de Farmacología de la Universidad de Minnesota, Estados Unidos. *Contacto: frojas@uv.mx*

[2]Estudiante del Doctorado en Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana.

Comprender la complejidad de la maravillosa maquinaria que llevamos dentro de nuestra cabeza, es una tarea bastante ardua; podríamos hacer mil preguntas al respecto y muchas de ellas quedarían sin respuesta. Pensemos, por ejemplo, en una experiencia tan cotidiana como soñar; ¿por qué soñamos? No existe una respuesta concreta, aunque sí algunas teorías, como la que proponen Francis Crick, codescubridor de la estructura del ADN y por ello merecedor del Premio Nobel en Medicina (1962) y Graeme Mitchison, de la Universidad de Cambridge. Ellos plantearon que soñar es un mecanismo utilizado por el cerebro para eliminar ciertas modalidades indeseables de interacción en las redes celulares de la corteza cerebral.

En otras palabras, cuando soñamos, el cerebro "borra" las conexiones ineficientes y mantiene solo las importantes, reordenándolas; como cuando desfragmentamos un disco duro para que se haga más eficiente. Sin embargo, aún estamos muy lejos de conocer a profundidad las razones por las cuales soñamos.

El cerebro, cual director de orquesta, sostiene la batuta y dirige muchas funciones corporales: el ritmo cardiaco, la función sexual, las emociones, el aprendizaje y la memoria, por solo mencionar algunas de ellas. También participa en la respuesta inmune durante la enfermedad y determina qué tan bien reaccionamos cuando recibimos un tratamiento médico. Más aún, el cerebro elabora nuestros pensamientos, esperanzas, sueños e imaginación; lo que en conjunto nos hace humanos.

A través del sistema nervioso central y del sistema nervioso periférico, el cerebro logra tener bajo control a todo el cuerpo humano. Una de las estructuras bajo este "mando" es lo que en términos científicos llamamos mama y que coloquialmente conocemos como senos, pechos, busto, etcétera.

La mama es una glándula cuya principal función es producir leche para alimentar al recién nacido. Pero, ¿cómo es que el cerebro le comunica a la mama que produzca leche? En el cerebro existe una estructura llamada hipófisis y, como parte de ella, la adenohipófisis, en donde existe un grupo de células llamadas lactotropos, los cuales se encargan de producir y liberar una hormona que recibe el nombre de prolactina. Esta última es responsable de decirle a las células epiteliales de los alvéolos –que se encuentran en la glándula mamaria– que produzcan leche. Pero eso no es todo, existe otra hormona participante, sin la cual no podría haber secreción de leche –aun si la prolactina trabajara incansablemente–, se llama oxitocina (también conocida como la "hormona del amor"). Ésta se produce en el hipotálamo y es liberada en la neurohipófisis; su función es la contracción de las fibras musculares que rodean a los alvéolos para llevar a cabo la eyección de la leche. No obstante, para que todo esto suceda debe entrar en escena el cerebro, participando a través del sistema nervioso periférico.

La producción de leche responde a un mecanismo neuroendocrino que funciona, en términos muy generales, de la siguiente manera: cuando el pezón recibe un estímulo nervioso –por efecto de la succión del bebé– se produce un reflejo neuroendocrino mediante el cual las terminaciones nerviosas de la areola transmiten el mensaje a través del sistema nervioso periférico hacia el cerebro, específicamente hacia el hipotálamo, cuyo estímulo llega por vía aferente.

Así que el hipotálamo es esencial en la regulación de la secreción de prolactina, pues a través de él se transmiten señales que llegan hasta la adenohipófisis para llevar a cabo la liberación, no solo de esta hormona sino también de la oxitocina, ambas encargadas de la síntesis y eyección de la leche. De manera que, mientras más tiempo succione el bebé el pezón de su mamá, mayor producción de prolactina y, por lo tanto, también más leche.

Sin embargo, esta estructura de tan perfecto funcionamiento también es blanco de enfermedades y una de las más importantes es el cáncer de mama, cuyas estadísticas indican un aumento alarmante tanto en el número de casos nuevos como de muertes que se presentan cada año a nivel mundial.

El cáncer de mama es una enfermedad que, de no detectarse oportunamente, no tiene cura. Afecta principalmente a las mujeres, pero los hombres no están exentos; puede presentarse a temprana o avanzada edad, no respeta clases sociales ni religión, merma la calidad de vida y consume poco a poco a quien la sufre.

En su definición más simple, el cáncer de mama es el crecimiento anormal de las células, lo que conlleva a la formación de un tumor maligno. Si este crecimiento se mantuviese en su lugar de origen, es decir, que las células cancerígenas no tuviesen la capacidad de invadir, bastaría con la extirpación quirúrgica para controlar la mayor parte de los tumores malignos. Entonces, ¿por qué el cáncer de mama es tan peligroso? La respuesta se halla en una simple palabra: metástasis.

En otras palabras, el cáncer de mama es peligroso porque si no es detectado a tiempo las células cancerígenas tienen la capacidad de liberarse de su lugar de origen e invadir estructuras adyacentes (como por ejemplo las membranas basales), posteriormente estas células pasan a la circulación sanguínea o vasos linfáticos (intravasación), en donde las células deben

sobrevivir y luchar contra el sistema inmunológico. Finalmente, si las células cancerígenas logran superar estas barreras, pueden escapar de la circulación (extravasación) y colonizar un tejido diferente para formar un nuevo foco tumoral.

Las células cancerígenas de mama prefieren metastatizar hacia el cerebro, huesos, pulmones e hígado; pero no lo hacen por placer. Existen varios mecanismos que favorecen este proceso, en el que están implicadas moléculas íntimamente relacionadas en el desarrollo de la metástasis. Entre estas moléculas, las que más se han estudiado son las de la familia de las metaloproteasas de la matriz (MMPs) y a un amplio grupo de microRNAs (miRNAs o miRs). Increíblemente, la misma prolactina, aquella hormona necesaria para la síntesis de la leche, que es controlada por el hipotálamo y sintetizada por la adenohipófisis, tiene un efecto negativo: está asociada con el desarrollo de tumores mamarios y la metástasis. Asimismo, el estradiol, una hormona muy característica en las mujeres y que es controlada por el cerebro (a través del hipotálamo) para llevar a cabo, entre otras cosas, el desarrollo de las mamas, también participa en el desarrollo de tumores mamarios y la metástasis.

Si es el cerebro quien controla la producción y liberación de la leche materna, la pregunta que viene fácil a la mente es: ¿tiene este órgano alguna participación en el cáncer de mama? Si bien la información es poca al respecto, existen algunos estudios que indican que sí. Y aquí entra en acción el sistema nervioso simpático, que junto con el sistema nervioso parasimpático conforman el sistema nervioso autónomo. Los trabajos llevados a cabo por Elefteriou, en modelos de ratón, mostraron que la activación del sistema nervioso simpático –que puede suceder por estrés– favoreció la metástasis de las células cancerosas de mama hacia el hueso. Este planteamiento ha sido apoyado actualmente con evidencia clínica, ya que se ha observado que las pacientes con cáncer de mama que sufren estrés o depresión (usual ante la noticia de saber que se tiene cáncer) son más propensas a sufrir recurrencia del tumor, así como aumento de la metástasis, lo cual se traduce en un menor tiempo de supervivencia.

Sin duda, el cerebro es la estructura biológica con mayor autoridad sobre nuestro cuerpo, capaz de regular el desarrollo normal de la mama y de estimular la producción y liberación de la leche, pero también, capaz de favorecer la metástasis. Aún falta mucho por entender cómo este órgano regula muchos procesos fisiológicos, y, en especial, los patológicos, pero lo que sí es claro es que el cerebro no solo está implicado en enfermedades como el Alzheimer, Parkinson o Huntington sino también en el cáncer.

LA PRÓSTATA: TU COMPAÑERA DE VIDA

[1]Ma. Elena Hernández Aguilar, [2]David Antonio Muñoz Zavaleta,
[2]Ma. Karina Serrano Castillo, [2]Ma. Lourdes Cocotle Romero

[1]Investigadora SNI-2 del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana (UV). Bióloga por la UV, con Maestría y Doctorado en Fisiología por la Universidad Nacional Autónoma de México. *Contacto: elenahernandez@uv.mx*

[2]Estudiante del Doctorado en Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana

Durante el transcurso de nuestra vida, vamos encontrando en el camino personas con las que compartimos momentos felices, dolorosos, desagradables o simplemente cotidianos; así, se forjan relaciones especiales que difícilmente se habrán de romper. Basados en la experiencia, reconocemos a un buen cómplice de aventuras, al más divertido compañero de viaje o al solidario amigo que apoya en las enfermedades. Pero en un lugar distintivo está quien llamamos "compañero de vida", aquél que ocupa un lugar esencial en nuestro día a día. En esos términos, para familiarizarnos con el tema del que aquí queremos hablar, nos referiremos a una compañera de vida, exclusiva del género masculino: la próstata, un órgano muy especial.

La próstata es una glándula que se localiza en el área pélvica y está encargada de producir el líquido prostático. Éste contiene diversos componentes, entre ellos: antígeno específico prostático –que es usado comúnmente para determinar la presencia de una enfermedad en la glándula–; fosfatasa ácida y catepsina D, que en conjunto promueven que los espermatozoides se liberen y viajen por el tracto reproductor femenino con la finalidad de garantizar la fertilización del óvulo; azúcares como la fructuosa, necesaria para dar energía; citrato, que regula la acidez de la vagina y puede ocasionar la muerte de los espermatozoides; zinc, que ayuda a proteger de las infecciones; y prostaglandinas, que intervienen en las respuestas inflamatorias y en la contracción de la musculatura lisa del útero para impulsar el desplazamiento de los espermatozoides hacia las trompas uterinas.

Debido a que su función se acopla al coito, la próstata acompaña a sus dueños en los momentos más agradables de

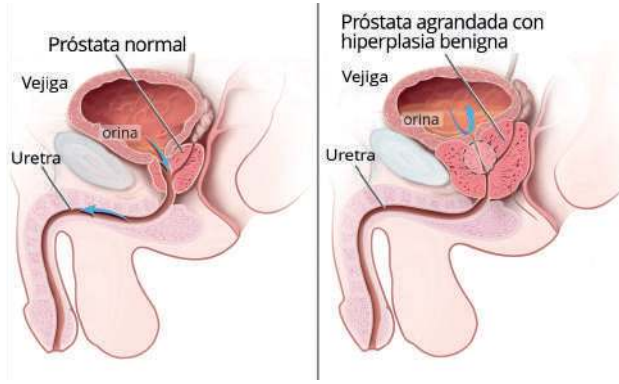
su vida, y es por ello que se le conoce como una glándula sexual accesoria al aparato reproductor masculino. Se encuentra presente en todos los mamíferos y su nombre significa "protector" o "guardián". En el hombre, la próstata se divide en la zona de transición, que rodea a la uretra; la zona central, localizada arriba de la zona de transición, y la zona periférica, la parte más externa y la que se puede palpar cuando el urólogo realiza la exploración rectal para detectar posibles anomalías.

Hablando otra vez de las personas que son importantes para nosotros, ¿haz reparado en cómo te comunicas con ellas?, ¿te ha sucedido que, sin mediar palabra, consigues expresarle al otro lo que sientes?; pero también habrá ocasiones en que suceda lo contrario y por más esfuerzos que se hagan, la comunicación no fluirá. Pues algo parecido sucede entre la próstata y su dueño, ya que entre ellos existe una comunicación permanente que revela el estado funcional en el que se encuentra esta glándula.

Si durante la juventud, la madurez y hasta la vejez de un individuo la próstata tiende a tener un crecimiento que cae dentro de los parámetros "normales", ambos (dueño y glándula) tendrán momentos muy agradables y morirán juntos una vez que concluyan su ciclo de vida. Sin embargo, en algunas ocasiones –por razones que a la fecha aún se desconocen– esta comunicación se torna áspera y el crecimiento de la glándula empieza a enviar otros mensajes que le indican a su compañero la existencia de una enfermedad que generalmente se va agravando conforme avanza la edad.

La disminución de la fuerza para expulsar la orina y sensación de orinar con mayor frecuencia sin lograr vaciar la vejiga, suelen ser los síntomas iniciales que indican que hay una enfermedad a la que se le denomina prostatismo. Si los problemas empeoran (y generalmente así sucede si no se atienden adecuadamente), el estado de ánimo de estos "compañeros de vida" cambia radicalmente, al grado de que su comunicación es menor y ambos se sienten muy mal. La glándula se agranda por efecto de una infección, ocasionado síntomas que generarán dolor y fiebre (prostatitis) a su dueño; no obstante, pueden detenerse si se tratan con antibióticos.

Existe otra enfermedad, que se presenta en sujetos alrededor de los 50 años o más, y se conoce como hiperplasia prostática benigna. Puede pasar inadvertida y, en ese caso, la comunicación entre estos compañeros permanece por un tiempo totalmente feliz. Sin embargo, en otras ocasiones el crecimiento de la glándula puede producir prostatismo y prostatitis, debido a que el crecimiento de la glándula empieza a cerrar el lumen de la uretra (como una llave de agua) ocasionando problemas en la micción.



La hiperplasia prostática benigna no es mortal y se caracteriza por el aumento en el número de las células epiteliales que componen a la próstata, las cuales son muy similares a las originales y están "sanas". Generalmente, esta enfermedad se controla con medicamentos que hacen que la glándula regrese a su tamaño normal.

Una enfermedad que también puede atacar a la próstata es el cáncer y suele ser la más común en hombres de edad avanzada. En algunos sujetos el desarrollo de esta enfermedad es muy lento, de tal manera que suelen ser otras enfermedades, y no el cáncer de próstata, lo que les provoca la muerte. Sin embargo, en otros individuos la enfermedad se presenta de forma tan acelerada y agresiva que requieren de tratamientos muy invasivos para controlar su avance, y esto incluye radioterapia, quimioterapia y cirugía. Por supuesto, esta última estrategia (la cirugía) termina con esa buena relación que alguna vez hubo entre estos dos compañeros.

¿Cómo es que se pierde la comunicación de esta feliz pareja, a tal grado que tienen que abandonarse o causarse la muerte? La respuesta aún se desconoce, pero se sabe que existe una comunicación estrecha que hace que se entiendan y convivan armónicamente. Dicha comunicación incluye a la testosterona y a la prolactina (PRL).

La testosterona es una hormona muy importante porque es la responsable de que los hombres luzcan varoniles, produce el crecimiento de la barba y regula el funcionamiento, crecimiento y producción del líquido prostático en la próstata.

Por su parte la PRL, aunque es mejor conocida por sus acciones en la mujer (promueve la síntesis de la leche durante la lactancia), en el hombre, junto con la testosterona, regula la función de la próstata y la síntesis del líquido prostático.

La función de estas dos hormonas va acoplada al coito, lo que significa que durante este evento sexual ambas hormonas aumentan su producción en la sangre y son las responsables de elevar la síntesis del líquido prostático. Todo hasta aquí es dulzura en la relación, pero por razones desconocidas estas dos hormonas pierden su camino y con la edad avanzada la testosterona disminuye sus niveles, mientras que la PRL las aumenta. El desequilibrio entre estas dos hormonas lleva un mensaje diferente a la próstata y en lugar de que la mantengan sana, promueven otro tipo de función que hará que se enferme.

Este evento va a acompañado de otro, que incluye la regulación de esta glándula por el sistema nervioso, y aquí debemos destacar el papel de los nervios pélvico y e hipogástrico, que impulsan a las células a que dejen de hacer su función (producción de líquido prostático) y realicen otra muy diferente. En principio, aumenta el número de células similares a las originales (hiperplasia), posteriormente cambian de forma y se vuelven distintas a las originales (metaplasia), convirtiéndose en algo totalmente discrepante (displasia) y con propiedades propias que las proveen de la capacidad para moverse a otros sitios dentro del órgano (migración), para finalmente atravesar vasos sanguíneos y "escoger" un nuevo sitio donde establecerse. A este acontecimiento se le conoce como metástasis. Aunque no se sabe del todo cómo es que estos dos sistemas promueven estas enfermedades en la próstata, lo que es seguro es que sus alteraciones inducen eventos muy desafortunados en estos dos compañeros.

Si bien es cierto que existen algunos medicamentos que se han elaborado en contra de las acciones de la testosterona –sin afectar los niveles de prolactina ni alterar el sistema nervioso de otra manera– en algunas ocasiones estas estrategias no son suficientes, ya que la enfermedad se agrava y causa la muerte. Ésta es una de las principales razones por las que se requieren más estudios que ayuden a entender por qué estas enfermedades no responden a los medicamentos y deducir cómo evaden sus acciones.

Una de las estrategias que actualmente está tomando nuevamente auge para prevenir y, en la medida de lo posible, combatir estas enfermedades, es el uso de algunos de los componentes de ciertas plantas y frutos que forman parte de nuestra dieta diaria, así como de otros que son poco conocidos. Uno de estos componentes es el licopeno, que se encuentra presente en el tomate, la sandía, el pimiento rojo, las zanahorias y la papaya. Estos alimentos se caracterizan por tener una coloración roja-naranja y esto se debe a la presencia de un carotenoide que se puede mezclar con las grasas. De acuerdo a diversos estudios, ahora se sabe que el licopeno previene el cáncer si se consume constantemente; además, existe información de que puede ser curativo gracias a que es capaz de detener el progreso de la displasia, y aunque hay que advertir que no son resultados concluyentes, sí son muy alentadores.

Algo similar pasa con el muicle. Esta planta contiene diversos componentes que caen dentro de la familia de los antioxidantes, y existe evidencia acerca de que el consumo de extractos de esta planta detiene el crecimiento constante de las células, sin producir un efecto tóxico sobre ellas. De igual manera que en el caso anterior, hacen falta estudios para identificar cuál de estos oxidantes es el responsable de este efecto. Sin duda, la investigación en este ámbito deberá seguir avanzando, siempre con el objetivo de prevenir y tratar el cáncer en la próstata, que lamentablemente hoy ocupa el segundo lugar como causa de muerte en el hombre, a nivel mundial y en nuestro país.

REHABILITANDO UN CEREBRO CON ALZHEIMER

[1]Gonzalo E. Aranda Abreu, [2]Jorge Antonio Martínez Díaz,
[2]Georgina Jimena Angel Sánchez Rodríguez, [2]Beatriz Adriana Lara Fontes

[1]Investigador SNI-2 del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana. Biólogo por la Universidad Autónoma Metropolitana, con Maestría en Genética y Biología Molecular por el Cinvestav-IPN y un Doctorado por el Weizmann Institute of Science de Israel. *Contacto: garanda@uv.mx*

[2]Estudiante del Doctorado del Centro en Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana.

¿En dónde dejé las llaves?", ¿qué hice con mis anteojos?…¡No puede ser, otra vez olvidé comprar el alimento para mis perros!

Estas frases las oímos frecuentemente en nuestro entorno y, a menudo, a nosotros también nos asaltan. Olvidar algo eventualmente no es algo que nos deba quitar el sueño; las razones de ello pueden ser diversas, desde un simple descuido al no darle la debida atención al tema, hasta la saturación de actividades que nos impiden concentrarnos en las cosas menos importantes.

A diferencia de estos olvidos menores o distracciones a los que no debemos dar mayor importancia, lo que no debe pasar inadvertido es cuando –por citar un ejemplo– tenemos en nuestra mano un objeto de uso cotidiano, digamos una llave, y nos preguntamos azorados: - '¿para qué sirve?'-. Un evento como éste, enciende las alarmas, porque puede ser un indicador de la presencia de una patología de tipo Alzheimer.

La enfermedad de Alzheimer fue descrita por primera vez hace más de cien años por el psiquiatra alemán Alois Alzheimer. Una de sus pacientes, Auguste D, mostraba un cuadro de falta de sueño y aseguraba –presa de los celos– que su esposo se

iba de paseo con una vecina; tenía explosiones de ira, daba gritos a media noche, deambulaba por la habitación del hospital y sufría una completa desorientación de espacio y tiempo. Estudios *post mortem* mostraron que las células de su cerebro (neuronas) se encontraban totalmente atrofiadas.

La enfermedad de Alzheimer comienza por lo general a los 65 años y puede ser de dos tipos: asociado a un componente genético (5%) o, como sucede en la mayor parte de los casos, cursar totalmente esporádica (95%).

Ante la impotencia de quien la padece, y también de sus cuidadores, esta enfermedad es neurodegenerativa e implica que el proceso de muerte celular se acelere. El comportamiento, la memoria y la capacidad cognitiva se ven irremediablemente afectadas.

Hay diversas señales de alarma a las que todos deberíamos poner atención cuando se presentan, entre ellas las siguientes:

Pérdida de la memoria.
Dificultad para llevar a cabo tareas simples.
Problemas del lenguaje.
Desorientación en el tiempo y el espacio.
Disminución del juicio.
Problemas de pensamiento abstracto.
Colocar objetos donde no corresponden.
Cambios en el estado de ánimo y conducta.
Cambios en la personalidad.
Pérdida de la iniciativa.

Infortunadamente, hasta ahora no se conoce el origen de la enfermedad, aunque sí su desenlace: el fallecimiento del paciente tras un largo proceso de deterioro en su calidad de vida.

Como ya se ha mencionado, el cerebro de una persona con Alzheimer muestra atrofia celular y los principales elementos asociados a este hecho son: la proteína Tau, que se encuentra en abundancia de forma natural en el sistema nervioso, y el péptido beta-amieloide.

Actualmente no existe una cura para esta enfermedad y los fármacos aprobados son insuficientes para su eficaz tratamiento. Sin embargo, cuando un paciente aquejado por este trastorno acude al médico, éste le prescribirá medicamentos, ante lo cual es lógico que nos preguntemos: ¿para qué administrárselas si no lo curarán?, ¿cuál es el sentido?

En realidad, medicamentos como la tacrina, la galantamina, el donepezil, el exelon o la memantina están diseñados adecuadamente para el tratamiento de los síntomas; sin embargo, la enfermedad es tan compleja que no resulta suficiente atenderla exclusivamente con la administración de un fármaco.

Desde mi experiencia, la enfermedad requiere de una atención integral que implica cuatro acciones fundamentales: 1) restauración de la membrana neuronal; 2) mantenimiento de la integridad celular, 3) re-conexión neuronal y 4) activación del proceso de la memoria.

La buena noticia es que existen diversas formas de llevar a cabo estas tareas, una de ellas es consumir alimentos que contengan de forma natural ácidos grasos Omega 3, ya que éstos son capaces de restaurar las membranas celulares de las neuronas. Los podemos encontrar en pescados como el atún, la sardina o el salmón y también en las semillas de chía y ajonjolí, entre otros alimentos.

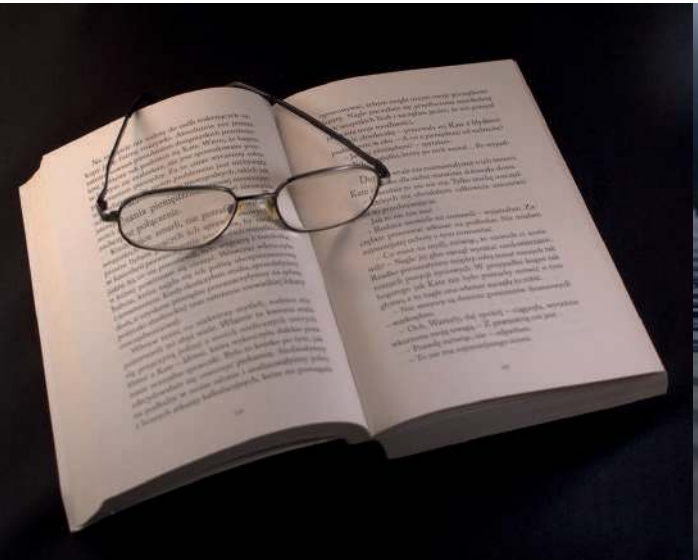
Por otra parte, el resveratrol, presente en las uvas con cáscara, los arándanos, las moras o el chocolate amargo, entre otros alimentos, resulta ser un potente antioxidante, por lo que es conveniente incluirlos en nuestra dieta. Asimismo, el consumo de extracto de ginkgo biloba –que se obtiene de las hojas de un árbol–puede ayudar a mejorar la memoria, y el escitalopram, que es un fármaco antidepresivo, ayuda a la reconexión neuronal. Todo esto, aunado a una terapia física y ocupacional, puede mejorar la calidad de vida de quien sufre Alzheimer.

Al tratarse de una enfermedad en la que están involucrados una gran cantidad de genes, resulta muy difícil encontrar una cura; no obstante, como ya se ha mencionado, es posible trabajar en

la rehabilitación integral del cerebro y con ello prepararlo para que los fármacos actúen de manera más eficaz y permitan un mejor funcionamiento de las neuronas.

Aun cuando la ciencia no la logrado dar el salto hacia la cura de esta enfermedad, sí ha tenido importantes avances en el conocimiento de su desarrollo y, por tanto, en su prevención. Las recomendaciones para tener un cerebro sano, son las mismas que nuestros médicos de cabecera nos dan para llegar a la vejez con una buena calidad de vida: liberarse del estrés, alimentarse balanceadamente, realizar ejercicio físico y mental, no consumir alcohol y/o drogas y, en general, vivir plenamente, pero sin excesos.

El ejercicio físico y mental nos permite tener una mejor calidad de vida, incluso en la vejez.



CEREBRO Y ADICCIÓN

Marta Miquel Salgado-Araujo

Catedrática e investigadora del Área de Psicobiología de la Universidad Jaume I. Castellón de España. Doctora en Psicología por la Universidad de Valencia. *Contacto: miquel@uji.es*

Las drogas cambian al cerebro

El uso de las drogas ha acompañado a la humanidad a lo largo de su historia evolutiva. Hay diversas razones para consumir drogas. Algunas personas buscan la paz o la analgesia, otras obtienen energía inmediata. A veces, sin embargo, se quiere ensanchar los límites de la percepción usando alucinógenos. Cualquiera que sea la razón, cuando consumimos drogas buscamos cambiar lo que sentimos. El consumo es así un acto voluntario que pretende conseguir un nuevo estado emocional. Si el cambio deseado se consigue, se produce lo que conocemos como un estado de recompensa.

Las drogas no han sido enviadas por el diablo para castigar a la humanidad, ni tampoco tienen nada que ver con ninguno de los dioses en los que la humanidad cree. Las drogas son potentes sustancias químicas, muy eficaces cambiando el cerebro. Por eso, no hay ninguna droga inocua ni tampoco unas son mejores que otras. La legalidad o ilegalidad de una droga no cambia su potencia ni la hace mejor o peor para el consumo. Por ejemplo, comparemos alcohol y cocaína. El alcohol es legal en la mayoría de los países, la cocaína no lo es. Sin embargo, en ambos casos el consumo repetido produce cambios muy similares en el cerebro y puede provocar alteraciones persistentes en la conducta, reorientando las metas y los objetivos del individuo de una manera que podríamos considerar aberrante. Así pues, ambas son drogas adictivas y su capacidad adictiva deriva directamente de sus acciones y efectos a nivel cerebral.

No obstante, consumo y adicción son fenómenos distintos. La adicción es una enfermedad cerebral adquirida que nunca suele afectar a más de un 10% de los consumidores de una sustancia. Evidentemente, la drogadicción requiere consumir la droga de forma repetida, pero la mayoría de los consumidores habituales de una droga no se convierte en adicto. El gran desafío de la investigación científica es comprender y explicar cuáles son los factores que convierten a este 10% de consumidores en población vulnerable.

Las drogas adictivas son sustancias "gandallas"

La investigación científica ha aportado información muy valiosa sobre cómo actúan las drogas en el cerebro y cómo modifican su forma de funcionar. Su potencia deriva de la capacidad de usurpar los mecanismos y procesos que el cerebro usa para promover y programar la supervivencia de los individuos. Por ello, decimos que las drogas son sustancias oportunistas o gandallas, porque hacen trabajar al cerebro como si lo estuviera haciendo para sobrevivir. Cuando tomamos drogas, el cerebro funciona como si estuviera dedicado a conseguir algo realmente importante.

En la historia evolutiva del cerebro, las partes y circuitos encargados de mantenernos con vida aparecieron hace aproximadamente 500 millones de años. Luego, se fueron refinando por selección natural, en la medida que los problemas a resolver eran cada vez más complejos (…….). Las estructuras más antiguas se conectaron con las nuevas que iban apareciendo; por ejemplo, la corteza cerebral, pero las reglas básicas de funcionamiento de estos circuitos se mantuvieron. Para sobrevivir había que poder almacenar información y recordarla, usar esta información para predecir qué era más probable que pasara a continuación y tomar la decisión correcta sobre qué hacer: ¿comer?, ¿luchar?, ¿copular? o ¿huir?. Además, aquellos estímulos realmente importantes para mantenernos vivos debían funcionar como metas a conseguir y, para ello, la selección natural promovió una función cerebral que adscribía un valor y significación especial a este grupo de estímulos, la función emocional. Estos circuitos se mantienen hoy en todos los animales con sistema nervioso que poblamos el planeta y son conocidos como el sistema estriatal-córtico-límbico.

Dado que las drogas actúan en estas partes tan antiguas del cerebro, los humanos no somos los únicos animales que consumimos drogas. Otros animales que aparecieron antes en la evolución lo hacen de forma voluntaria en su hábitat natural y cuando lo hacen, al igual que nosotros, pretenden conseguir algún tipo de cambio emocional. La investigación sobre drogas lleva décadas aprovechándose de esto y en la actualidad, existen buenos modelos animales de drogadicción en el laboratorio que nos han permitido entender las bases cerebrales de esta enfermedad.

Las drogas modifican la forma en que el cerebro almacena memoria

Los circuitos cerebrales de la supervivencia trabajan almacenando información sobre cómo, cuándo y dónde conseguir lo que se necesita. Entonces, el cerebro utiliza estas memorias para predecir el futuro y poder tomar decisiones de forma rápida y eficaz. Su función fundamental es sintonizar nuestra conducta con el ambiente para poder optimizar al máximo la obtención de comida, bebida, apoyo social o sexo, de tal forma que la supervivencia quede asegurada.

Cuanto más eficaces seamos almacenando la información sobre los contextos donde están estos estímulos, más probabilidad tendremos de sobrevivir, porque seremos más rápidos tomando decisiones y orientando nuestra conducta hacia los estímulos relevantes. Lo que el cerebro pone en marcha para llevar a cabo estas funciones es un conjunto de procesos conocidos como procesos de plasticidad. La plasticidad es una propiedad de las neuronas mediante la cual el cerebro se reprograma, y así puede aprender de la experiencia y almacenar la información.

El problema es que las drogas, al actuar en estos mismos circuitos del aprendizaje y la memoria, modifican los procesos de plasticidad, activando los mismos cambios moleculares y fisiológicos que los estímulos del entorno. Como las drogas son sustancias con mucha potencia farmacológica, suelen ganar siempre al ambiente en esta carrera y, por tanto, el almacenamiento de dónde y cómo conseguir la droga quedará optimizado frente a cualquier otro aprendizaje. En la medida que el consumo de la droga se repite, estas memorias se convierten en algo estable y persistente, muy difícil de olvidar o borrar. De este modo, cuando percibimos los estímulos o contextos que predicen la disponibilidad de la droga, estas memorias se reactivan y la conducta de consumo se pone en marcha. Se produce así una especie de selección o de sintonización del comportamiento con un grupo pequeño de estímulos, todos ellos relacionados con la droga. Esta clase de sintonización ocurre en todos los individuos que consumen drogas de forma habitual. Por eso, consumimos drogas solo en algunos ambientes, a determinadas horas del día y con amigos. Es al acabar la jornada cuando nos apetece una 'chela' mucho más que a las diez de la mañana en el trabajo.

No obstante, para poder explicar la adicción no basta con entender cómo las drogas activan los mecanismos de memoria. Hay que comprender cómo lo hacen de forma mucho más eficaz y persistente en un 10% de los consumidores habituales de la sustancia.

La adicción es una enfermedad de la memoria y de la voluntad

La adicción a drogas es una enfermedad cerebral adquirida que afecta a los mecanismos de la memoria y la voluntad. Es una enfermedad caracterizada por un consumo compulsivo de la droga, a pesar de las consecuencias y efectos negativos para la salud, la familia y las relaciones sociales. Le llamamos compulsivo porque se pierde el control sobre cuánto y dónde se consume. Además, la adicción es una enfermedad cerebral crónica porque implica continuas recaídas y es muy difícil de tratar.

Como ya hemos visto, las drogas alteran los procesos cerebrales de almacenamiento de la memoria, de tal forma que toman el control sobre dichos procesos y obligan al cerebro a almacenar todo tipo de información relacionada con el consumo de la sustancia. En un consumidor habitual, la evocación del recuerdo sobre los lugares donde se consume, la gente con la que se comparte estas experiencias y los cambios emocionales que la droga produce provocan de algún modo el desencadenamiento del deseo de consumir, pero este deseo puede ser inhibido o al menos pospuesto. En un adicto, la activación de estos recuerdos desencadena un deseo irrefrenable de consumir que no puede ser inhibido con un esfuerzo voluntario. El consumo entonces se convierte en algo inevitable y sin control volitivo. Esto es así, porque una de las características de los cerebros de los pacientes adictos es la reducción de la actividad de la corteza prefrontal, de la que depende lo que conocemos como voluntad o libre albedrío. Viktor Frankl decía que "entre el estímulo y la respuesta hay un espacio; y en este espacio está el poder de elegir la respuesta". Cuando la corteza prefrontal no funciona, no existe este tipo de espacio, entonces la conducta se desencadena automáticamente y con muy poca posibilidad de control.

Aunque existen varios tratamientos usando fármacos y psicoterapia, hay un grupo importante de enfermos adictos que seguirá siéndolo toda su vida. También es cierto que a pesar de ser un trastorno crónico, hay un 40% de individuos que presentan remisión espontánea, es decir, que dejan de ser adictos sin ningún tipo de tratamiento y con un mero esfuerzo de voluntad. Otro de los desafíos fundamentales en la investigación sobre la adicción es entender las diferencias en el cerebro entre estas dos poblaciones de pacientes.

EL SUEÑO Y SUS ENFERMEDADES

[1]Fabio García García, [2]Carolina Peña Escudero

[1]Investigador SNI-2 del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Veracruzana. Biólogo por la Universidad Nacional Autónoma de México, con Maestría y Doctorado en Ciencias Biomédicas por la misma institución y un postdoctorado en la Universidad Estatal de Washington. *Contacto: fgarcia@uv.mx*

[2]Maestría en Ciencias de la Salud del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Veracruzana.

El ser humano es una criatura diurna que duerme la tercera parte de su vida. El sueño es una conducta inducida y regulada por el cerebro; sin embargo, el estilo de vida actual, la luz eléctrica, la televisión y la computadora, entre otras cosas, fomentan las actividades nocturnas, afectando nuestra manera de dormir.

El sueño es una conducta que se caracteriza por una disminución del tono muscular y está acompañada por posturas estereotipadas; como dormir boca arriba, con los brazos cruzados sobre el pecho, o bien, de lado, en posición fetal; los párpados se observan cerrados y es un estado reversible, del cual se puede retornar al estado de vigilia.

La aparición del electroencefalograma (EEG) en la práctica clínica, a principios del siglo XX, permitió la medición de la actividad cerebral a lo largo del periodo del sueño. Actualmente es posible hacer registros de la actividad eléctrica de la corteza cerebral, a través del electroencefalograma; de la actividad eléctrica de los movimientos oculares, mediante el electrooculograma (EOG), y de la actividad de los músculos, a través del electromiograma (EMG). Para el caso de los mamíferos, la combinación de los criterios conductuales y electrográficos permite distinguir dos etapas de sueño: el de ondas lentas (SOL o No-MOR) y el de movimientos oculares rápidos (SMOR), que alternan con la etapa de vigilia.

Durante la vigilia, la actividad del EEG es rápida y los movimientos oculares y la actividad muscular son evidentes; además, es posible responder a los estímulos sensoriales del entorno. En el SOL el tono muscular disminuye, pero no desaparece y la actividad eléctrica cortical se hace más lenta. En cambio, en el SMOR, la actividad eléctrica muestra ondas rápidas, similar a lo que ocurre cuando se está despierto, y el

tono muscular desaparece, pero pueden ocurrir descargas musculares repentinas llamadas mioclonías. Los movimientos oculares son notorios, sugiriendo que podrían estar asociados a la generación de imágenes mientras soñamos. La medición de ambas etapas permite obtener un patrón o arquitectura de sueño.

El patrón de sueño incluye: el tiempo total de éste a lo largo de 24 horas, el número de periodos de sueño, la duración de dichas etapas, y la latencia de sueño. En un adulto sano el SOL ocupa de 75 a 80% del tiempo total de sueño, mientras que el SMOR ocupa de 20 a 25%.

Ambas etapas se alternan generando entre cuatro y cinco ciclos de sueño a lo largo de una noche y cada ciclo tiene una duración aproximada de 90 minutos. La temporalidad, profundidad y duración del sueño están controlados por el ciclo luz-oscuridad y por la duración de la vigilia previa.

No obstante, las actividades o conductas realizadas durante el período de vigilia (como el ejercicio, la actividad intelectual pesada, la ingestión de comida, etc.) determinan el sueño posterior, generando huellas de sueño o patrones relacionados con los acontecimientos que ocurren cuando se está despierto. Esto es debido a la activación de determinados grupos de neuronas relacionados con las experiencias que se viven mientras se está despierto, las cuales producen la liberación de diversas moléculas que inducen diferentes patrones de la arquitectura del sueño.

Tener un sueño reparador es una necesidad humana básica, esencial para un nivel óptimo de salud a cualquier edad. Sin embargo, las demandas de la vida actual alteran los ciclos de vigilia-sueño, lo cual puede llevar a la falta o al exceso de sueño y causar efectos negativos en la salud.

La medicina del sueño es una especialidad que se ha consolidado en la última década y tiene como campo de acción el estudio y tratamiento de las alteraciones o trastornos de sueño. Las principales causas por las que un paciente solicita una consulta con un especialista del sueño son: tener la sensación de estar durmiendo mal, porque se auto-diagnostican con insomnio o su compañero(a) de dormitorio ha observado que ronca, o bien, presenta pausas respiratorias o conductas y movimientos anormales. En México, la mayoría de los pacientes con alteraciones de sueño no están diagnosticados ni están recibiendo tratamiento.

Las modificaciones en la cantidad, la calidad y el momento del sueño pueden producir a largo plazo problemas en la salud física y mental. En estudios donde se relacionaban las tasas de mortalidad con la duración del sueño se encontró que las personas que duermen de siete a ocho horas diarias tienen menores riesgos de mortalidad; mientras que dormir menos de cuatro horas o más de ocho aumenta el riesgo de muerte temprana. Por lo tanto, los trastornos de sueño afectan la calidad de vida y constituyen un factor de riesgo para la salud de las personas.

De acuerdo a un estudio publicado en 2016, el 60% de los adolescentes, así como el 30% de los hombres y mujeres de la población en general, no logran tener la cantidad suficiente de sueño, y un 20% de los adultos se sienten con somnolencia en las mañanas.

Con el paso de los años se ha observado un descenso progresivo de las horas de sueño, lo cual parece coincidir con un aumento de la incidencia de obesidad y diabetes; un dato muy importante si tomamos en cuenta que, a partir de 2012,

GRUPOS DE ENFERMEDADES	SUBGRUPOS
Insomnios	Crónico
	De corta duración
	Otros insomnios
Trastornos respiratorios	Apneas obstructivas
	Apneas centrales
	Trastornos de hipoventilación
	Hipoxemia del sueño
Hipersomnias centrales	Narcolepsia 1
	Narcolepsia 2
	Hipersomnia idiopática
	Kleine-Levin
	Sueño insuficiente
	Hipersomnia idiopática
Alteraciones del ritmo cardiaco	Fase retrasada
	Fase avanzada
	Ritmo irregular
	Ritmo no de 24 horas
	Trabajo en turnos
	Jet lag
Parasomnias	No-MOR
	MOR
Hipersomnias centrales	Piernas inquietas
	Movimientos periódicos
	Calambres del sueño
	Bruxismo
	Movimientos rítmicos
	Mioclonías benignas del recién nacido
	Mioclonías propioespinales

Grupos de clasificación de los trastornos de sueño según el ICSD-3.

México ocupa el segundo lugar de obesidad adulta a nivel mundial. La reducción de la calidad y cantidad de sueño da lugar a una pérdida de la homeostasis energética, sobrepeso y, a largo plazo, puede causar la aparición de síndrome metabólico.

Trastornos de sueño

La primera Clasificación Internacional de los Trastornos del Sueño data de 1990, y la más reciente fue elaborada en 2014; se le conoce como ICSD-3 (por sus siglas en inglés). Esta clasificación divide los trastornos del sueño en siete grupos, en función de su síntoma principal: insomnio, hipersomnia, trastorno respiratorio, parasomnia, alteración del ritmo circadiano y movimientos anormales.

De todos estos trastornos, el insomnio y la apnea obstructiva del sueño, son dos de los más relevantes, teniendo una asociación significativa con enfermedades crónicas y muerte prematura. A continuación se describen las características principales de cada grupo de los trastornos de sueño.

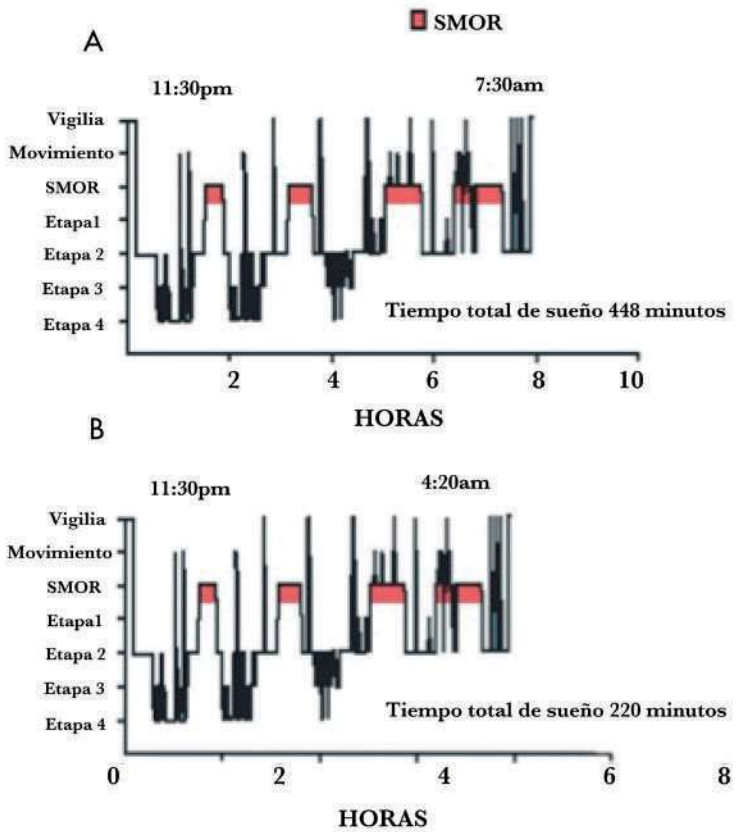
Insomnio

El insomnio es el más frecuente de todos los trastornos de sueño. Se define como la presencia de una persistente dificultad para la conciliación o el mantenimiento del sueño, reducción en el tiempo total de sueño, despertar precoz, o un sueño poco reparador, a pesar de disponer de condiciones adecuadas para éste. Se caracteriza por dar lugar a una sensación de insatisfacción general, que se asocia con la alteración de la calidad de vida.

En 2008, se realizó una investigación para conocer la prevalencia de síntomas relacionados con problemas de sueño en cuatro ciudades de América Latina: Ciudad de México (México), Montevideo (Uruguay), Santiago (Chile) y Caracas (Venezuela). La prevalencia de insomnio para todas las ciudades fue de 34.7%, en donde las mujeres tenían una mayor frecuencia de insomnio que los hombres, con una tendencia creciente y progresiva de éste a medida que aumenta la edad y con una mayor prevalencia en los adultos mayores.

Los pacientes con insomnio se quejan de fatiga, disminución en sus habilidades de concentración, afectación cognitiva, anímica y un deterioro general en el funcionamiento diario durante el periodo de vigilia. Infortunadamente, el 85% de los sujetos que

El insomnio, la apnea obstructiva del sueño, el síndrome de piernas inquietas, las alteraciones del ritmo circadiano y la narcolepsia, son los trastornos de sueño que más comúnmente afectan a la población y los de mayor interés clínico en la actualidad.



Representación gráfica de las etapas de sueño durante el registro (hipnograma). El panel A hace referencia al hipnograma de un sujeto normal, con un tiempo total de sueño de 7.46 horas. El panel B representa el hipnograma de un paciente con insomnio, teniendo un tiempo total de sueño de tan solo 3.66 horas (tomada y modificada de Venebra Muñoz, Santiago García & García García, 2006).

lo padecen no reciben tratamiento, el 5% consume remedios caseros con escaso éxito y solo el 10% de los pacientes con insomnio crónico reciben el tratamiento adecuado. La atención debe ser multidimensional, es decir, debe tomar en cuenta la adecuada higiene del sueño, la psicoterapia y, finalmente, el tratamiento farmacológico (cuando los dos primeros no funcionan).

Las medidas de higiene del sueño se refieren a las recomendaciones acerca de conductas y hábitos deseables de sueño, así como a modificaciones de las condiciones ambientales, todo ello encaminado a mejorar la calidad del dormir de las personas que padecen un trastorno del sueño, o bien, como medidas que pueden emplearse para prevenir alguna alteración del mismo. Cuando estas medidas y la psicoterapia no funcionan, se procede al tratamiento con el uso de fármacos. Los más utilizados son los agonistas de los receptores de las benzodiacepinas, la melatonina, los antidepresivos sedativos, los agonistas GABAérgicos, los antihistamínicos sedativos y otras sustancias no reguladas, como la valeriana.

Trastornos respiratorios

Los trastornos respiratorios son aquellos caracterizados por una alteración de la respiración durante el sueño. Entre ellos, está el Síndrome de Apnea Obstructiva del Sueño (SAOS), en el que el movimiento respiratorio está disminuido o ausente debido a una disfunción cardiaca o del sistema nervioso central. El SAOS se produce por una obstrucción del flujo del aire en la vía aérea produciendo una inadecuada ventilación. Se calcula que uno de cada 15 sujetos la padece y cerca del 75% de ellos no está diagnosticado.

Cuando la obstrucción de la ventilación durante el sueño es completa se conoce como apnea, y cuando es parcial recibe el nombre de hipopnea. Signos asociados a estos problemas son los ronquidos intensos y los microdespertares, los cuales hacen que los pacientes se levanten cansados por la mañana.

El Síndrome de Apnea-Hipopnea del Sueño (SAHS) se define como un desorden respiratorio debido a una obstrucción de la vía aérea durante el sueño. Se ha establecido una alta prevalencia del SAHS, que afecta al 2% de las mujeres, 4% de los hombres adultos y de 1 a 3% de la población infantil. Entre las consecuencias clínicas de desarrollar SAHS se encuentra la somnolencia excesiva diurna, desarrollo de resistencia a la insulina, disfunción neurocognitiva, hipertensión arterial, enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares, aumento en el riesgo de muerte e incremento de accidentes de tráfico, laborales y domésticos. El tratamiento consiste en corregir los factores que provocan el cierre de la vía aérea, mediante el empleo de una mascarilla de presión positiva continua en la vía aérea (CPAP), que bombea aire dentro de la vía respiratoria manteniendo la tráquea abierta durante el sueño.

Hipersomnias

Las hipersomnias se presentan debido a un aumento en el número total de horas de sueño a lo largo del día a expensas del tiempo de vigilia. Tienen una prevalencia estimada de entre el 5 y 20% en la población en general; entre ellas, se incluye un grupo de enfermedades caracterizadas por la presencia de somnolencia diurna, que no es atribuible a alguna dificultad para conciliar el sueño nocturno ni a cambios en el ritmo circadiano. Los pacientes tienen problemas para mantenerse despiertos y alertas durante el día.

La somnolencia excesiva diurna puede conducir a la disminución de la conciencia y el funcionamiento diurno, comprometiendo áreas específicas del cerebro, como la corteza prefrontal, lo cual deteriora el funcionamiento cognitivo. La somnolencia excesiva diurna se define como un estado de adormilamiento durante las horas reservadas a la vigilia, siendo la manifestación principal de muchos trastornos de sueño.

Entre las hipersomnias se encuentra la narcolepsia, caracterizada por excesiva somnolencia diurna y la cataplexia, o pérdida repentina de movimiento ante un estímulo intenso. En condiciones normales de sueño, se transita en forma cíclica del estado de vigilia, al SOL y al SMOR. Los pacientes con narcolepsia pasan de forma repentina del estado de alerta a la fase de SMOR y presentan parálisis de sueño, que se describe como episodios cortos con una sensación en la que a pesar de estar despierto y conscientes de su estado, no pueden moverse, hablar y, en ocasiones, ni siquiera abrir los ojos. No existe tratamiento específico, por lo que se recomienda apoyo cognitivo-conductual, una adecuada higiene del sueño y fármacos que incrementen la actividad monoaminérgica. En estos casos, también se utiliza oxibato sódico para mejorar la calidad del sueño, produciendo un aumento en la cantidad de sueño de ondas lentas.

Alteraciones del ritmo circadiano

La presencia de ritmos biológicos es una característica fundamental en los seres vivos. Funcionan como un mecanismo adaptativo ante las diversas y constantes variaciones que se presentan en el ambiente externo y ante las demandas de la vida diaria que requieren que los procesos fisiológicos estén ajustados a ocurrir en tiempos determinados. Cuando dichos ritmos ocurren de manera regular –cada 24 horas– reciben el nombre de ritmos circadianos, como el ciclo vigilia-sueño.

Las alteraciones del ritmo circadiano (o la desincronización) ocurren cuando existe una perturbación de los ritmos circadianos fisiológicos, bioquímicos y conductuales. Esto tiene efectos negativos sobre la salud humana, provocando perfiles hormonales alterados, el aumento del riesgo a desarrollar trastornos del sueño, enfermedades o el agravamiento de patologías preexistentes (como enfermedades cardiacas, síndrome metabólico, entre otras).

Entre las alteraciones de sueño se encuentra el *jet lag*, definido por la Academia Americana de Medicina del Sueño como un desajuste temporal en el ciclo vigilia-sueño generado por el cambio de zona horaria en un periodo corto de tiempo, lo cual no le permite al organismo adaptarse y se producen síntomas como fatiga, falta de apetito, mala calidad de sueño, problemas digestivos, entre otros. Los síntomas se hacen más evidentes cuando hay cinco o más horas de diferencia entre el lugar de origen y el destino. Sin embargo, el organismo se adapta más fácilmente a los retrasos de fases (como ocurre al volar de Europa a América), que a los adelantos de fase (de América a Europa).

Los trabajadores por turnos y aquéllos que laboran en horarios nocturnos también sufren de una desincronización de sus ritmos circadianos, ya que deben mantenerse activos durante la noche, y el ser humano es una criatura diurna. Esto puede ocasionar una falta de sueño, que afecta diversos procesos cognitivos, disminuye el rendimiento psicomotor, causa somnolencia, reducción en el rendimiento, y en el estado de alerta, así como en la atención y la concentración, además de incrementar el tiempo de reacción. Todo ello puede representar un peligro para la persona que lo experimenta y los que lo rodean, dado que aumenta la tendencia a los accidentes en el puesto de trabajo, especialmente en las actividades laborales industriales y relacionadas con el transporte. A largo plazo también produce consecuencias en la esfera biológica, psicológica y social.

Dentro de los tratamientos para estas alteraciones del ritmo circadiano están los farmacológicos, –como la administración de melatonina–, y los no farmacológicos, como la psicoterapia y la fototerapia. Esta última consiste en la exposición a una luz intensa –utilizando principalmente luz blanca brillante– en el interior de las casas y en los lugares de trabajo, para mejorar la vigilancia.

Parasomnias

Son trastornos de la conducta que tienen lugar durante el sueño y se clasifican por la etapa del sueño en la que surgen (SMOR o SOL), algunos de ellos son el sonambulismo y los terrores nocturnos. Estas alteraciones pueden resultar en lesiones o accidentes y los pacientes pueden presentar una amnesia parcial o completa del episodio.

El sonambulismo ocurre cuando los sujetos se encuentran profundamente dormidos y es más frecuente en la infancia, con una prevalencia del 17%. Tiende a desaparecer con la edad, con

una prevalencia del 4% en adultos. En la mayoría de los casos el problema se resuelve sin tratamiento cuando los niños crecen.

Los terrores nocturnos son condiciones caracterizadas por una inesperada excitación desde el SOL, con una manifestación abrupta de miedo intenso, causando en el individuo comportamientos de extrema angustia, confusión y aumento de los movimientos corporales. Su prevalencia varía con la edad, siendo del 1% en ancianos y del 6.5 % en niños. A pesar de la existencia de tratamientos farmacológicos para estas parasomnias, su eficacia es variable, por lo cual los tratamientos conductuales y cognitivos han recibido una creciente atención en las últimas décadas. Entre ellos se incluyen la psicoterapia, la terapia de relajación y la hipnosis.

Movimientos anormales relacionados con el sueño

En este grupo de clasificación se encuentran los trastornos del movimiento periódico de las extremidades, que se caracterizan por movimientos repetitivos de las piernas durante el sueño, acompañados de despertares nocturnos y fragmentación del sueño.

El síndrome de piernas inquietas se caracteriza por una necesidad irresistible de mover las piernas durante el periodo de sueño, afectando principalmente a las extremidades inferiores. Aparece en la transición de la vigilia-sueño, cuando el paciente está despierto, y esto dificulta la conciliación del sueño al principio de la noche o tras los despertares nocturnos. Su prevalencia es del 5 a 10% y el tratamiento de estos trastornos incluye la mejora de hábitos de sueño, horarios fijos de dormir y levantarse, evitar el ejercicio excesivo, el uso de la televisión y los videojuegos en horas cercanas a la hora de dormir, así como limitar la ingesta de carbohidratos durante la noche. El tratamiento farmacológico se recomienda en pacientes con síntomas moderados a severos, limitando el uso de medicamentos a los periodos en los que se presentan las complicaciones. Entre los fármacos utilizados están la carbidopa/levodopa o los opioides, entre otros.

Dentro de este grupo de trastornos también se incluye el bruxismo, que se produce por la contracción repetitiva y rítmica de los músculos del masetero o músculo de la masticación. Si las contracciones son muy intensas, el golpeteo de los dientes puede producir rechinidos (a lo que se le conoce como bruxismo) que pueden provocar desgaste del esmalte dental, dolor mandibular y cefaleas por la mañana. Para su tratamiento se emplean férulas o aparatos bucales de protección.

Perspectivas

Los trastornos del sueño comprometen la calidad de vida de los individuos que los padecen y se asocian con mayor riesgo de padecer enfermedades como diabetes *mellitus*, trastornos cardiovasculares y cáncer. Además, la falta de sueño repercute en la capacidad de concentración, el estado anímico, el tiempo de reacción y el rendimiento físico e intelectual.

Evitar el desarrollo de los trastornos de sueño en la población requiere de investigación, promoción y participación social.

Si pudiéramos eliminar por completo el consumo de tabaco, podríamos prevenir en un 85% los casos de cáncer de pulmón; de manera semejante si tratamos a los pacientes con apnea del

sueño mediante equipos de presión positiva, podríamos disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

Un estudio realizado en Japón evaluó los beneficiosos de la implementación de medidas de higiene del sueño en una unidad de ingeniería de diseño. Para ello, evaluaron a los participantes y los dividieron en grupos; aquéllos que tenían insomnio y sujetos sanos. Aplicaron un programa de intervención de 30 minutos, que incluyó información sobre la higiene del sueño con un enfoque conductual (integrando conocimientos de relajación, control de estímulos y restricción de sueño). Luego de tres meses del inicio de la intervención, encontraron que el programa mejoró significativamente la calidad del sueño de los trabajadores insomnes.

Sin duda, es necesario ampliar las acciones que permitan introducir hábitos saludables asociados al buen dormir. Para tal efecto, sería conveniente incluir en los planes educativos institucionales, la promoción de la calidad del sueño en adultos, adolescentes y niños. Esto supone que los escolares no solo adquieran los conocimientos necesarios, sino que desarrollen comportamientos autorregulatorios y tomen decisiones correctas en bien de la calidad de vida que les otorga el buen dormir. Es altamente recomendable que los padres y los profesores, entre otros actores sociales, adopten conductas que contribuyan al buen desarrollo del sueño en los niños y adolescentes.

En México, existen clínicas especializadas en la investigación, atención y tratamiento de los trastornos o problemas del sueño. Entre ellas, la Clínica de Trastornos del Sueño de la Universidad Autónoma de México (UAM) y, bajo el mismo nombre, la de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), así como la Clínica del Sueño, en el Servicio de Neumología de la Unidad Médica de Alta Especialidad del Hospital General del Centro Médico Nacional La Raza del IMSS. Además de la existencia de la Sociedad Mexicana para la Investigación y Medicina del Sueño, una organización no lucrativa que pretende contribuir al desarrollo de la medicina del sueño en México, formando especialistas y promoviendo la realización de proyectos de investigación en el área clínica y básica.

No obstante, en México aún son pocos los profesionales de la salud y los investigadores que se dedican al estudio del sueño y sus trastornos. Una de las razones es la falta de enseñanza de la medicina del sueño en el mapa curricular de los médicos y la poca atención que el sector gubernamental presta al diagnóstico y tratamiento de los trastornos del dormir. Aún hay un largo camino por recorrer, pero un buen inicio es asumir nuestra responsabilidad de informar y, en la medida de lo posible, educar, sobre la existencia y tratamiento de este tipo de desórdenes que impactan de manera negativa la calidad de vida de muchas personas a nivel mundial.

Agradecimientos

Agradecemos al *Conacyt*. Proyecto 254264, apoyo otorgado a F.G.G para la realización del presente trabajo.

INTELIGENCIA, AUNQUE SEA ARTIFICIAL

Héctor Gabriel Acosta Mesa

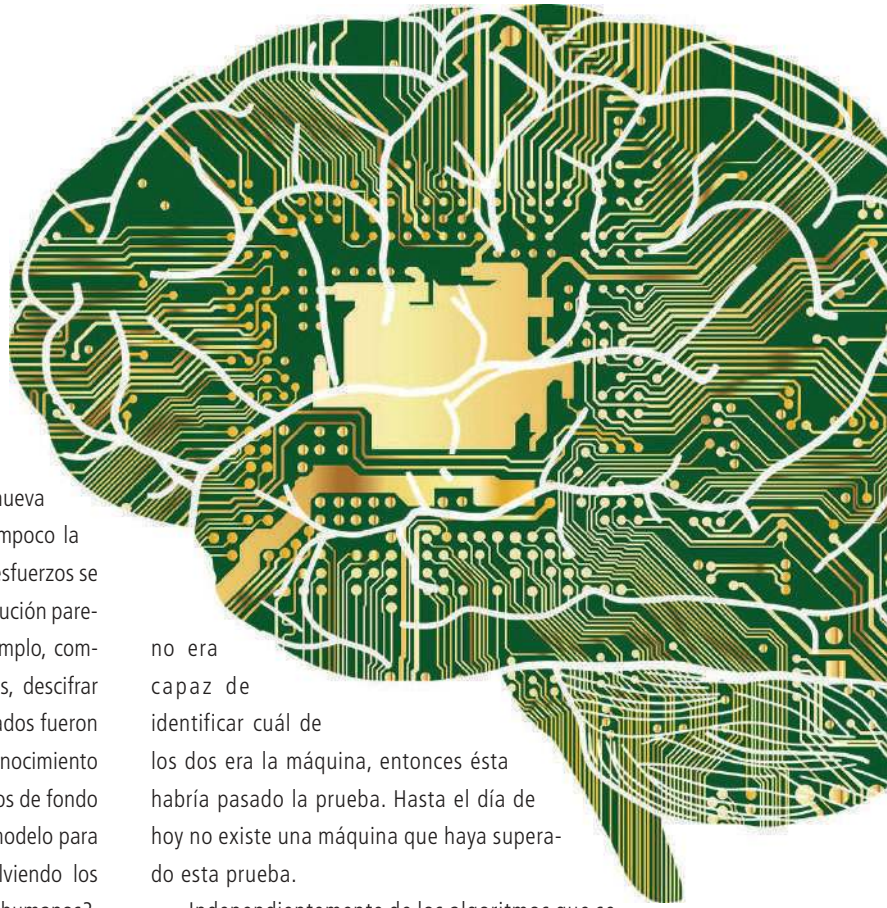
Investigador SNI-1del Centro de Investigación en Inteligencia Artificial de la Universidad Veracruzana (UV). Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Veracruz, con Maestría en Inteligencia Artificial por la UV y Doctorado en Inteligencia Artificial por la Universidad de Sheffield, Reino Unido. *Contacto: heacosta@uv.mx*

Al parecer, la fascinación del hombre por reproducir artificialmente entes de la naturaleza y/o capacidades cognitivas de los seres vivos, ha sido una constante a través del tiempo. Un caso ilustrativo de la historia reciente puede ser el pato de Vaucanson, un prototipo que representaba a este animal y a su aparato digestivo. Fue construido en 1879 por el ingeniero e inventor francés Jacques Vaucanson, tenía más de 400 partes móviles y podía batir sus alas, graznar, beber agua, comer, digerir y hasta excretar.

Otra máquina no menos interesante fue la propuesta en 1816 por el matemático inglés Charles Babbage. El modelo era capaz de realizar cálculos matemáticos mediante operaciones mecánicas, una invención que inspiró muchas de las ideas de lo que hoy es una computadora. Cabe aclarar que la construcción de esta máquina analítica no se llegó a concretar por cuestiones técnicas y políticas.

En 1936, el matemático inglés Allan Turing sentó formalmente las bases para la creación de la computadora actual, mediante la creación del modelo de cómputo que se conoce como máquina de Turing. En este modelo se establecieron los fundamentos para construir un cerebro electrónico, capaz de realizar cálculos automáticamente con base en un conjunto de instrucciones (algoritmo). Sin duda alguna, la creación de esta máquina universal abrió una nueva era en las aspiraciones del hombre por crear entes (agentes inteligentes) controlados por cerebros electrónicos.

Después de la creación de la primera computadora digital en 1946, conocida como Electronic Numerical Integrator And Computer (ENIAC, por sus siglas en inglés), la comunidad científica contó con una herramienta para experimentar sobre la creación de algoritmos capaces de realizar tareas, que de ser llevadas a cabo por un ser vivo, se considerarían "inteligentes". Es así como en 1956, durante un congreso



en la Universidad de Dartmouth, Estados Unidos, nace formalmente el área de investigación en inteligencia artificial.

Aun cuando los objetivos y alcances de esta nueva área de estudio no estaban del todo claros, ni tampoco la definición de lo que es "inteligencia", los primeros esfuerzos se centraron en resolver problemas complejos, cuya solución parecía requerir un alto coeficiente intelectual; por ejemplo, comprobar teoremas matemáticos, resolver ecuaciones, descifrar crucigramas o jugar ajedrez, entre otros. Los resultados fueron prácticamente inmediatos, lo que dio un auge y reconocimiento al área. Sin embargo, los cuestionamientos filosóficos de fondo empezaron a surgir. ¿Era la computadora el mejor modelo para crear inteligencia?, ¿los algoritmos estaban resolviendo los problemas de la misma forma en que lo hacemos los humanos?, ¿los problemas planteados eran buenas referencias para medir el éxito?, ¿existe una definición universal de inteligencia o existen varios tipos de inteligencia?, si fuera así, ¿cuáles se podrían resolver con el modelo de la computadora basada en la máquina de Turing y cuáles no?

Éstas y otras interrogantes dieron pauta a nuevas y más ambiciosas líneas de investigación. De hecho, el mismo Turing propuso en 1950 una prueba general para saber si una máquina podía exhibir un comportamiento inteligente comparable al de un ser humano. A esta prueba se le conoce como la prueba de Turing y consiste en lo siguiente: un evaluador humano verificaría una conversación entre un humano y una máquina, que se comunicarían a través de líneas de texto, y si después de cinco minutos, el evaluador no era capaz de identificar cuál de los dos era la máquina, entonces ésta habría pasado la prueba. Hasta el día de hoy no existe una máquina que haya superado esta prueba.

Independientemente de los algoritmos que se desarrollen para emular las capacidades cognitivas de los seres vivos, cierto es que la arquitectura de cómputo que los ejecuta tendrá gran influencia en su desempeño. Es por esto, que muchos de los esfuerzos que se realizan en el área, están encaminados a incrementar las capacidades de las computadoras, tanto en velocidad de procesamiento como en capacidad de almacenamiento. Desafortunadamente, el objetivo de contar con una máquina tan eficiente como el cerebro humano está aún muy lejano, ya que el cerebro es masivamente paralelo y redundante, y cada una de las 86 mil millones de neuronas que contiene es, en sí, un procesador de información, mientras que las computadoras digitales actuales son primordialmente secuenciales y con pocos procesadores.

A diferencia de los inicios de la inteligencia artificial, donde los problemas a solucionar requerían un coeficiente intelectual alto para su solución, en la actualidad pareciera que los problemas más complejos para una computadora son aquéllos para los que los humanos no requieren un esfuerzo cognitivo significativo; por ejemplo: el control motor del cuerpo, la interpretación de una imagen, el reconocimiento del habla, el sentido común, por mencionar algunos.

Estas tendencias han marcado nuevas líneas de investigación en aprendizaje automático, visión por computadora, reconocimiento de lenguaje natural y robótica de servicios, muchas de éstas inspiradas en los sistemas biológicos.

Aun cuando la ciencia ficción ha creado ideas distorsionadas de los alcances reales en el área, lo cierto es que se han tenido grandes logros y estas tecnologías avanzan a pasos agigantados. Cada vez es más común tener contacto con sistemas inteligentes con los que interactuamos en la vida cotidiana, desde buscadores en la red y aplicaciones en dispositivos móviles, hasta electrodomésticos y/o vehículos que integran algoritmos inteligentes para facilitarnos su utilización. Al parecer la tendencia de los robots inteligentes controlados por cerebros electrónicos, será la misma que tuvieron las computadoras digitales; en sus inicios –en los años cincuenta– eran grandes y costosas, pero ahora están al alcance de todos como parte de nuestros equipos electrónicos personales. Así, los robots inteligentes poco a poco empezarán a formar parte de nuestra vida cotidiana, hasta hacerse tan comunes e indispensables como lo es nuestra computadora portátil.

Pato de Vaucanson

DIVULGACIÓN

y un poco de ficción

CEREBROS ROBÓTICOS[1]

José Negrete-Martínez

Investigador del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y profesor del Centro de Investigación en Inteligencia Artificial de la Universidad Veracruzana. Médico cirujano por la UNAM, con doctorado en Biofísica por la Universidad de Minnesota, Estados Unidos. *Contacto: jnegrete@uv.mx*

Práxedes sueña una historia robótica

Ese día el frío arreciaba sobre el pueblo de Naolinco, y en la calle se adivinaba una figura entre la neblina espesa. Práxedes observaba por su ventana cómo la silueta se acercaba y esbozó una sonrisa cuando se percató de que era su sobrino. Solícito, corrió a la puerta para recibirle con un fuerte abrazo y lo invitó a pasar.

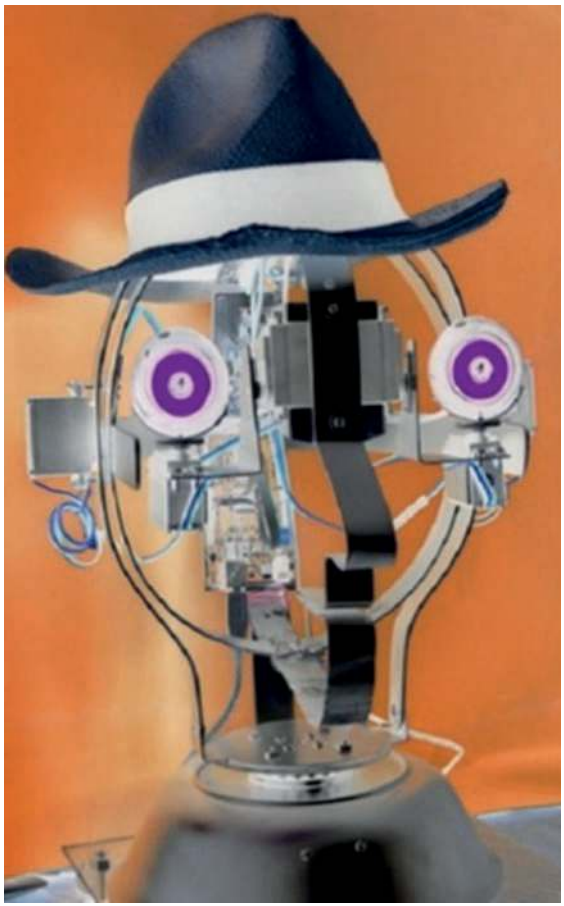
Tío y sobrino hablaron de todo un poco y antes de irse, este último dejó un ejemplar del *Popol Vuh* en las manos del otro.

Después de despedir al pariente, Práxedes regresó a su habitación y se embebió en la lectura del texto maya. De pronto, la lectura se transformó en imágenes pre-oníricas.

Vio un inicio del mundo sin hombres y sin androides, solamente robots grandes con ojos de mosca[2]. Vio un erial desolado que presintió sin límites y que también, encima de la estratósfera, era espacio donde se movían los robots mosca. Vislumbró luego que algunos robots se movían en un laboratorio con computadoras. Un laboratorio donde se encontraban tres científicos humanos. Práxedes ensoñaba.

El hombre pasó a un estado hipnagógico en el que le murmuraba a Margarita (su amiga) que había visto a unos científicos, a los que se conocía como los Diseñadores y cuyos verdaderos nombres –balbuceó– se desconocían, pero se sabía –y masculló como borracho– que solo ellos guardan todavía los secretos de

1. Paráfrasis del capítulo 7 del libro *La abominable inteligencia artificial de un boticario*, (NEGRETE, 2011) con robots representativos en la historia de la robótica cerebral.
2. Robot Mosca. Con una parte que simula la retina ('módulo cerebral') de la mosca. El robot se activa cuando sus sensores son estimulados en secuencia por un objeto que se mueve a gran velocidad.



Casimiro.

la construcción, mantenimiento y regeneración de la Tierra y de los robots que la habitan.

La lengua ya no le respondió más, Práxedes profundizó otra vez sus ensoñaciones y musitando palabras incomprensibles entró en un sueño profundo.

En su sueño, se encontraba ahora frente a un foro donde ocurrían proyecciones holográficas –en una ventana principal–, las cuales estaban a cargo de un androide que se presentó como Casimiro[3], un androide enactivo.

Casimiro se dirigía a un gran auditorio lleno de androides como él, donde Práxedes mismo se veía sentado entre la audiencia. Una escena cosmológica se proyectaba y Casimiro señaló hacia una ventana holográfica secundaria. En ella se reproducían las imágenes de los científicos Diseñadores que hablaban entre sí y manifestaban sus deseos sobre cuál sería el siguiente robot que construirían.

En una siguiente imagen proyectada en la ventana principal, aparecía la evolución de aquel mundo de androides. Los Diseñadores, en su ventana, comentaron su primera etapa de creación robótica. Se veían Robots Orientados a la Conducta, recientemente creados y que parecían ciegos, deambulando sin orden aparente ni concierto. Se notaba, además, que los robots se dañaban accidentalmente entre sí; se diría que tenían una conducta de médula espinal: los Herbert[4], como también eran

3. El robot Casimiro simula un módulo cerebral, el colículo superior. Tiene un módulo retiniano que identifica bordes de objetos y los proyecta al colículo que produce órdenes motoras a los ojos y 'músculos' del cuello.
4. Herbert es un robot reactivo, con una conducta como la de los enfermos que han sufrido la separación alta de la médula espinal. Rueda por un laboratorio y si se topa con una lata de refresco la toma con su pinza y la lleva a un bote de basura.

conocidos. Luego, uno de los Diseñadores declamó: "No lograrán que los hijos de sus hijos sigan su ejemplo y gracia".

Un Diseñador dijo que todo nuevo robot autónomo debería resolver, como rata, sus propios laberintos y aprenderlos como buenos Totos[5]. Y ahora, a pesar de la primitiva artificialidad que estas máquinas tenían, otro Diseñador sostuvo que deberían programarlas para hacerlas mencionar los nombres de sus diseñadores, de manera que en el futuro se supiera quiénes las crearon.

'Deliran estos locos', sonrió Práxedes soñando.

En el holograma principal del sueño apareció flotando un texto:

<<Primer androide cerebroide>>

Luego, apareció una sesión de consejo de los Diseñadores, quienes opinaban que no deberían buscar un diseño darwiniano: con cerebros y neuronas, en donde estas últimas se auto eliminarían cuando no sirvieran.

En la ventana secundaria una nueva reunión de consejo ocurría entre los Diseñadores. Dijeron que los Especulátrix[6] hipotalámicos no eran ni con mucho lo que buscaban. Uno de los Diseñadores propuso comenzar por androides auto programados y sociables; aparecieron mesas con dibujos y esquemas en pantallas de computadoras con planos y ecuaciones.

Un nuevo letrero tridimensional apareció en la ventana principal:

<<Segundo androide>>

En su ventana, los Diseñadores aparecieron formando con un nuevo metal la estructura de un siguiente androide. Lo modelaban con cuidado, sin descuidar detalle. Cuando estuvo completa la estructura, menearon la cabeza dando a entender que tampoco les serviría para su propósito, porque se trataba de una construcción bípeda con poca flexibilidad, sin retinas; a diferencia de los anteriores robots, en lugar de ojos usaron cámaras de receptores digitales. Pero lo más triste era que el nuevo robot no tendría capacidad de razonamiento, aunque era muy hábil con las manos. Le llamaron COG[7].

Mencionaban los Diseñadores que estos muñecos –así los calificaban– tenían, para colmo de males, una capacidad limitada de soporte mecánico, pues eran muy pesados. Se veía, sin embargo, que la nueva máquina ya estaba dotada de algún lenguaje, su comunicación era tersa, una especie de música. "Como jamás música alguna había sonado ni vibrado bajo el cielo", declamó burlón un Diseñador. Eran androides que "hablaban música", pero no tenían entendimiento de lo que decían.

Un Diseñador sugirió intentar en los cerebros de los androides un mecanismo de supervivencia cerebral de los circuitos

5. Toto es un robot que va en busca de un objetivo y en su trayecto puede reconocer marcas que le ayudan a generar un mapa de navegación, similar al funcionamiento del hipocampo de las ratas que resuelven un laberinto.
6. Especulátrix es un robot cerebroide que genera <<hambre de carga>> de sus baterías (como el hambre que desencadena el hipotálamo), que le hace buscar la luz donde puede recargarlas.
7. El robot COG es característico de los robots hábiles, basados en una arquitectura 'neuronal' del cerebro medio. La arquitectura es una estructura jerárquica de conductas llamada subsunción.

neuronales más aptos y guiñando un ojo a los demás dijo sonriendo: Darwinos.

En la ventana principal apareció otro letrero:

<<Tercer androide>>

Los nuevos seres fueron hechos para que pudieran caminar con elasticidad y firmeza sobre la superficie dura del planeta. No obstante, era triste verlos caminar por los corredores sin destino alguno, todavía actuaban reactivamente. Estos androides siempre estaban a punto de caer y, cuando caían, no parecían saber que debían levantarse. Los Diseñadores comentaron que todo se debía a que únicamente tenían una sola computadora, a pesar de su gran evolución estructural.

Nuevos androides, los terceros, lograron comunicarse entre sí, aunque se notó que el aparente orden de sus palabras sonaba como el del viejísimo programa ELIZA de la Inteligencia Artificial: emitían una modificación sintáctica, que no semántica, de lo que se les preguntaba.

En la pantalla del fondo se vieron los rostros inexpresivos de los terceros androides que, sin función alguna, estúpidos, solo memorizaban topológicamente cada nuevo ambiente para no colisionar con algo: "TOnTOs" se les llamó. Se vio que los condenaron a la destrucción y reciclaje de sus partes.

Un nuevo texto tridimensional apareció:

<<Cuarto androide>>

Pa' la mecha –musitó para sí el ensoñante.

En la pantalla principal se veía a los nuevos TOnTOs que, enloquecidos, trepaban sobre los arbustos artificiales, venciéndolos con su peso; y trepaban también a los árboles que, inevitablemente, se derrumbaban. Algunos, confundidos, acabaron por destrozarse accidentalmente entre sí. La imagen del holograma de fondo de la ventana principal exhibía a estos androides en dispersión.

En un espacio holográfico secundario Práxedes veía que los Diseñadores se juntaban otra vez y parecían acordar la creación de nuevos androides. Queremos, decían, que éstos ya puedan ser como nosotros, inteligentes y enactivos…

¡Basta ya! –gritó Práxedes sobresaltado. Y despertó.

PAPÁ, QUIERO SER CIENTÍFICO

Rolando García Martínez

Investigador del Centro de Investigaciones Biomédicas de la Universidad Autónoma de Campeche con Doctorado en Neuroetología por la Universidad Veracruzana. *Contacto: rogarcia@uacam.mx*

Es común que los padres les pregunten a sus hijos lo que quieren ser de grandes, y las respuestas más frecuentes suelen ser: doctor, policía, bombero, veterinario, bailarina, cantante, etcétera; pero es menos usual escucharles decir "quiero ser científico". Tal vez porque mucha gente tiene en mente una imagen de ellos diferente a la realidad, como si se tratara de uno de esos personajes de la televisión, siempre distante de sus semejantes y con una inteligencia extraordinaria, y es posible que en algunos casos se cumplan estas premisas, pero en lo general se trata más bien de disciplina y del buen desarrollo de aptitudes y habilidades, al igual que en muchas otras profesiones.

La siguiente narración quizá nos haga reflexionar acerca de la posibilidad de tener en casa a un futuro científico. A los niños, por naturaleza, les gusta explorar y experimentar, pero con los años, si no se les fomenta esa afición, pueden ir perdiendo el interés por observar y conocer los fenómenos de la naturaleza. ¿Qué pasaría si a esos pequeños curiosos se les ofrecieran oportunidades para satisfacer su necesidad de aprender?

Esta es la historia de Fermín, un niño que creció en una familia de una pequeña ciudad de provincia y que, a la corta edad de cinco o seis años, mostraba interés por observar con detenimiento –quizá más que otros niños– las cosas a su alrededor. Le gustaba contemplar el movimiento de las orugas que encontraba en las plantas que tenía su madre en el patio, o el trabajo en equipo de las hormigas que transportaban pedazos de hojas más grandes que su propio cuerpo. Para ver el cielo, solía acostarse de espaldas sobre el techo de la parte más alta de su casa, allí donde estaba un cuartito de las cosas que no se utilizaban frecuentemente; desde ahí contemplaba el atardecer y veía aparecer las primeras estrellas. "¡Wow! Qué enorme debe ser el Universo", se decía, y cerraba los ojos para escuchar el sonido del viento, hasta que oía a lo lejos el molesto "ya bájate de allí", indicativo de que tenía que terminar

con la sesión contemplativa de inmediato y echar pie a tierra, por lo menos por ese día.

A Fermín le gustaba ir al colegio para aprender, y escogía el único pupitre para zurdo que había en el salón; solía colocarlo siempre hasta adelante para escuchar bien, estar atento y responder si el profesor hacía alguna pregunta. Esto, por alguna razón, lo hacía parecer no muy agradable para la mayoría de sus compañeros; aunque no todos pensaban igual, tenía la gran fortuna de contar con la compañía de su primo Samuel, pues estaban en el mismo salón de clases. Samuel era su protector, además de fiel amigo, y aunque a éste no le llamaban la atención las cosas relacionadas con la ciencia, siempre lo escuchaba con interés. Ambos se regresaban caminando a casa, pero antes pasaban a la panadería por unos pastelitos para el camino, y si era jueves, hacían escala en el mercado por ciruelas. Así, crecieron hasta terminar la primaria. Desafortunadamente, Samuel no pudo ser inscrito en la misma secundaria que Fermín, y bueno, había que emprender este nuevo camino sin su –casi– hermano.

Fue en ese tiempo que Fermín empezó a conocer los laboratorios de la escuela, las sustancias químicas que ahí se guardaban y las mezclas que se podían hacer con ellas para observar sus reacciones; todo ello llamaba poderosamente su atención. Las materias de ciencias naturales y física eran sus favoritas. No obstante, matemáticas representaba una dificultad molesta, ya que había temas que no entendía. Más tarde, en la preparatoria, tuvo un excelente profesor de matemáticas y gracias a él incluso llegó a obtener dieces en sus exámenes. Le quedó claro que un buen profesor podía hacer la diferencia y que sus explicaciones claras y sencillas le permitían comprender mejor las cosas y, por tanto, disfrutar de ellas.

Primeros pasos en la ciencia

Se acercaba el momento de decidir qué carrera estudiaría, y Biología parecía la decisión más natural para Fermín, aún sin el consentimiento total de sus padres. Cursando el tercer semestre de la carrera, escuchó a su compañero de salón, Enrique, hablar muy entusiasmado del trabajo que realizaba en un instituto de investigación, apoyando a un profesor en sus experimentos. Le dio tanta curiosidad que decidió preguntarle a su compañero si podía visitarlo algún día. Así que se pusieron de acuerdo y cierto día Fermín llegó al laboratorio del instituto, tocó la puerta y su compañero lo invitó a pasar. El laboratorio contaba con un pequeño bioterio y vio, por primera vez, una rata blanca, de ésas que salen en los documentales y están destinadas a los experimentos. Observó cuidadosamente los aparatos y los materiales que ahí se empleaban y bastaron apenas unos minutos más para que se convenciera de que éste era el ambiente de estudio y trabajo que él buscaba. Nadie, absolutamente nadie de su familia estaba ligado, de ninguna forma, a la ciencia, pero estaba dispuesto a abrirse paso y enfrentarse a este nuevo reto.

Con ayuda de Enrique aprendió, primero, las técnicas básicas de laboratorio y, luego, avanzó hacia algunas más complejas, de manera que cuando su compañero tuvo que irse porque habían concluido sus prácticas, Fermín estaba listo para ser el nuevo asistente del profesor que lideraba el proyecto de investigación que ahí se realizaba. Fue así como dio sus primeros pasos en el camino de la ciencia.

Cada viernes por la tarde, cuando él se disponía a salir del laboratorio, podía ver que un grupo de estudiantes y profesores se reunían en un salón próximo y que las exposiciones que ahí se daban siempre versaban sobre estudios relacionados con el

cerebro. Se decidió a preguntar de qué se trataba y poco tiempo después ya era uno de los asistentes a esas reuniones. Fue así como descubrió que podía ingresar a un posgrado de la universidad de su ciudad y continuar con sus estudios.

Así que, después de finalizar su proyecto de titulación para la licenciatura, Fermín tomó la decisión de solicitar su ingreso a un posgrado y entrenarse formalmente en la investigación científica. Este posgrado tenía la ventaja de que ofrecía una beca para sus estudiantes inscritos, por lo que tuvo, por primera vez, un ingreso económico haciendo lo que más le gustaba: ¡estudiar! Apenas se graduó como Maestro en Ciencias, Fermín ya tenía un nuevo plan: solicitar una beca de estudios para un doctorado en neurociencias, aunque en esta ocasión sería en el extranjero. No fue fácil tomar la decisión, pero la motivación que sentía por conocer nuevos lugares y personas y seguir aprendiendo, fue suficiente para partir a su siguiente aventura.

Después de cuatro años fuera de su país, y de únicamente visitarlo en temporada de vacaciones, tenía que regresar de manera definitiva; con los máximos estudios que otorga una universidad, pero desempleado. Esta era otra etapa que le tocaba conocer, una realidad a la cual se enfrentaba con poca experiencia y 30 años encima.

Por fortuna, su país de origen contaba con un programa en el que los jóvenes investigadores podían solicitar su incorporación a alguna institución de educación superior. Y fue así como aseguró un empleo y llegó a convertirse, después de muchos años recorriendo el camino de la investigación científica, en un personaje reconocido en su comunidad gracias a su labor y dedicación en temas de prioridad para su país.

Esta historia está inspirada en la vida de muchos hombres y mujeres que han dedicado su vida a la ciencia. Es importante reconocer que nuestro país, con todo y los problemas económicos y sociales a los que se enfrenta, ha construido las bases para la formación de nuevos investigadores y su posterior incorporación al área académica y de investigación o al sector productivo. Así que, muchas familias podrían tener un pequeño científico en casa, al que habría que alentar y apoyar para que logre con éxito su desarrollo en este campo.

¿Vale la pena invertir tiempo y dinero en la investigación científica?

Muchos de los avances científicos y tecnológicos en las diferentes disciplinas se han logrado gracias a la perseverancia y dedicación de personas que tienen un genuino interés por conocer los fenómenos que rigen a la naturaleza y en los que el ser humano está inmerso. La consecuencia de esto ha sido la generación de conocimiento acerca de los mecanismos básicos de dichos fenómenos, que resulta de gran utilidad para realizar los estudios clínicos que intentan mejorar los diagnósticos y tratamientos médicos, la recuperación de la salud o el alivio del dolor, así como mejorar la calidad de vida de los pacientes en casos de enfermedades terminales.

Por supuesto, todos los esfuerzos encaminados a proporcionar alternativas terapéuticas para el tratamiento de las enfermedades que aquejan al humano y a otros seres vivos de utilidad para éste, son válidas siempre y cuando se apeguen a los principios bioéticos establecidos, respetando la normatividad internacional, nacional y local en el uso y cuidado de animales de experimentación.

Utilizar a la ciencia como pilar del desarrollo de cualquier país es una manera de retribuir los recursos que la sociedad invierte en este campo; no obstante, la reducción de los mismos es cada vez más inminente. Tenemos la esperanza de que los gobiernos latinoamericanos consideren el hecho de que invertir los recursos económicos en ciencia y tecnología beneficiará a la sociedad en muchos aspectos y a diferentes niveles. Los exbecarios y ahora profesores-investigadores que nos hemos incorporado en alguna universidad del país después de nuestra formación académica, damos cuenta de ello.

LOS NIÑOS Y LA CIENCIA EN LA SEMANA MUNDIAL DEL CEREBRO

Profra. Janette Rivera González

Profesora de la escuela primaria pública "Avelino Bolaños" de Xalapa,Veracruz. Licenciada en Educación por la Universidad Pedagógica Nacional.

La travesía inicia en el mes de marzo de 2009. Un cartel en el Centro Recreativo Xalapeño informaba sobre las actividades de la Semana Mundial del Cerebro del Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana; me acerqué a leerlo con detenimiento y de inmediato las actividades atraparon mi interés.

Luego, entré al recinto y vi colocadas varias mesas de trabajo, cada una de ellas ofrecía actividades lúdicas diversas dirigidas a todo tipo de público. El objetivo: acercar a la gente al conocimiento del cerebro. Pensé que para mis alumnos podría resultar muy enriquecedor todo lo que estaban presentando en este evento, sobre todo porque en el programa de quinto grado de primaria se aborda el tema del sistema nervioso. Así que pregunté si habría posibilidad de que asistiera al día siguiente con mis estudiantes y de inmediato recibí una respuesta positiva.

Por la noche de ese mismo día, pedí apoyo a los papás de los niños de mi grupo para acudir a la mañana siguiente al evento. Gracias a la apertura y compromiso de algunos papás que compartieron sus vehículos, nos fue posible trasladarnos a la sede de la Semana Mundial del Cerebro, en donde su coordinadora, la Dra. Rebeca Toledo Cárdenas, nos recibió con la cordialidad que la caracteriza y organizó equipos para participar en las diferentes mesas de trabajo. En cada una de estas "estaciones" se planteaban actividades recreativas y eran atendidas por jóvenes entusiastas que en ese momento estudiaban el doctorado en neurociencias.

Con mis alumnos me detuve en la mesa del memorama, en donde los niños podían aprender la terminología básica sobre el cerebro; participamos en el juego de "ponle la cola al burro", una forma divertida para conocer las partes de una neurona; también

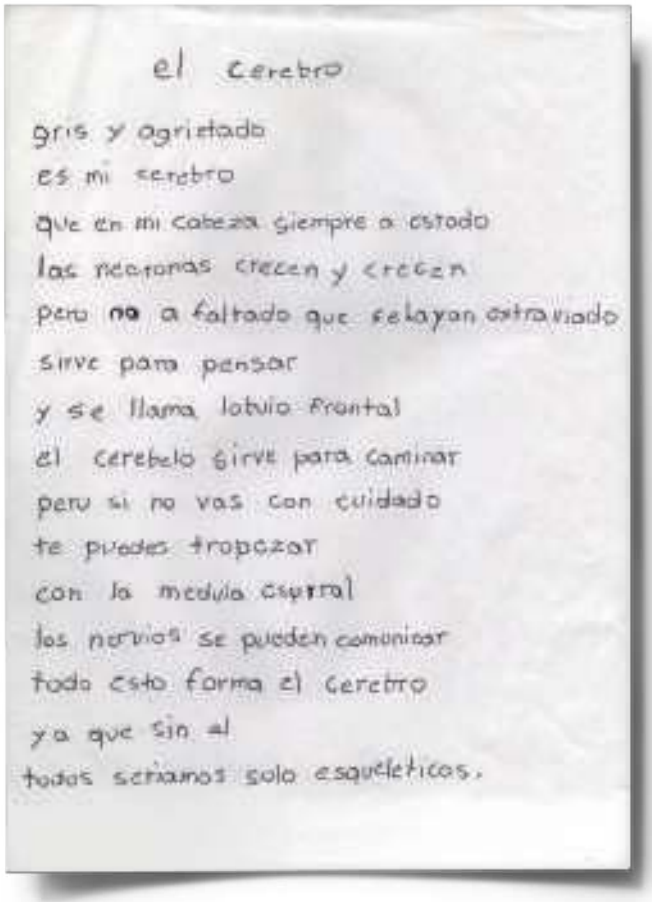
Los niños de la escuela primaria "Avelino Bolaños" se convirtieron, gracias a su profesora Janette, en visitantes asiduos de la Semana Mundial del Cerebro, desde su primera edición.

Diez años después, estos niños -ahora convertidos en jóvenes- se reunieron de nuevo para ofrecer una plática sobre su experiencia en las distintas ediciones de la Semana Mundial del Cerebro que organiza el *Cice*.

estaban los cerebros de yeso que los niños coloreaban para distinguir cada uno de los lóbulos del cerebro, las gelatinas moldeadas con la forma de este órgano, la alberca de pelotas donde había que encontrar las partes del sistema nervioso central y muchas otras actividades que nos sacaron de la pasividad y la rutina, haciendo que los niños participaran de forma muy entusiasta y despertando su deseo de conocer.

Al término del evento me explicaron que la finalidad de éste era compartir nuevos conocimientos con estudiantes de todos los niveles educativos, así como con el público en general. De esta manera, buscaban poner al alcance de la sociedad los resultados obtenidos a partir de los estudios que se desarrollan en el Centro de Investigaciones Cerebrales de la Universidad Veracruzana. Además de motivar a las nuevas generaciones a interesarse por la investigación en torno al cerebro y por la ciencia, en general. También me comentaron que el evento era posible gracias al apoyo de la organización internacional The Dana Alliance for Brain Initiatives *(www.dana.org)* y de la propia Universidad Veracruzana, así como de asociaciones civiles, dependencias gubernamentales e incluso personas altruistas que, con el único interés de que la sociedad conozca más sobre estos temas, donaba su tiempo y trabajo.

El entusiasmo de los niños por saber más acerca del cerebro y sus funciones perduró más allá del día del evento y decidieron escribir su experiencia para plasmar su emoción e interés por el tema, ¡incluso, hicieron algunos poemas!


el cerebro

gris y agrietado
es mi cerebro
que en mi cabeza siempre a estado
las neuronas crecen y crecen
pero no a faltado que se hayan extraviado
sirve para pensar
y se llama lobulo frontal
el cerebelo sirve para caminar
pero si no vas con cuidado
te puedes tropezar
con la medula espinal
los nervios se pueden comunicar
todo esto forma el cerebro
ya que sin el
todos seriamos solo esqueleticos.

Poema escrito por un estudiante de la primaria "Avelino Bolaños", a partir de su experiencia en la Semana Mundial del Cerebro del *Cice*.

A partir de aquella primera experiencia, esperábamos cada año con emoción la tercera semana de marzo, pues con ella llegaba la Semana Mundial del Cerebro, a la que sin falta asistíamos. A partir de entonces hemos estado presentes cada año en este evento y con ello el Centro de Investigaciones Cerebrales ha dejado huella en cada una de estas generaciones de estudiantes de primaria.

El equipo de trabajo conformado por los académicos y alumnos del Centro de Investigaciones Cerebrales es admirable. A quienes asistimos a la Semana Mundial del Cerebro nos brindan la confianza y comodidad para sacar el mayor provecho del evento en términos de conocimiento; comparten de manera sencilla y divertida temas complejos, y con paciencia explican qué es lo que hacen en sus laboratorios de acuerdo a su área de investigación. Puedo decir con certeza que su pasión por lo que realizan contagia a niños y adultos. Poner en nuestra mano una muestra de cerebro de rata o acercarnos al microscopio para observar las neuronas, además de la explicación de un experto, ha sido invaluable. Visitar las mesas de trabajo y los talleres, participar de los juegos, escuchar conferencias, disfrutar películas, conocer nuevos libros, recibir trípticos, ver documentales y muchas otras cosas que sería muy largo enlistar, han despertado un gran interés en nosotros por saber más sobre todo lo relacionado con el cerebro.

Es motivante aprender de quienes están de manera directa haciendo experimentos con animales; por ejemplo, del Dr. Genaro Coria Avila, quien estudia acerca de la sexualidad, o del Dr. Jorge Manzo Denes, quien nos ha compartido sus conocimientos sobre el cerebro de manera muy accesible. Muchas veces, en mis clases con alumnos de primaria, puedo hacer referencia a datos e información que no conocería de no ser por la forma tan atinada que tiene el Dr. Manzo para explicarnos la importancia de este órgano. Un ejemplo muy concreto de lo anterior es la metáfora de la sábana, que nos permite entender cómo es que siendo el cerebro un órgano aparentemente tan pequeño, puede ser el motor principal de nuestro cuerpo y que, al no poder colocarse de manera extendida, adoptó una forma peculiar dentro del cráneo, lo que explica sus circunvoluciones.

En 2012, la Semana Mundial del Cerebro se dedicó a las enfermedades que pueden afectar a este órgano; asistí con un interés especial a una conferencia que hablaba de autismo, en donde proyectaron videos que mostraban la calidad de vida de algunos niños y jóvenes que sufrían este trastorno. Además, en cada butaca de las instalaciones de lo que actualmente se conoce como el Centro de Rehabilitación e Inclusión Social de Veracruz, lugar en el que se desarrolló el evento, nos dejaron un periódico con artículos escritos por los académicos del Centro de Investigaciones Cerebrales. De esta forma, ampliaban la información que se nos ofreció durante las conferencias y fomentaban nuestro interés por conocer más sobre el tema.

Considero que el impacto más directo en mí, al haber acudido a la Semana Mundial del Cerebro, lo causó la lectura de uno de estos periódicos y, especialmente, del artículo "Trastorno del espectro autista", del Dr. Jorge Suárez. Me aportó mucho, pues las repetidas lecturas que de él hice, propiciaron un cambio de actitud en mi vida profesional. Por un lado, me motivó a continuar aprendiendo y entendiendo la diversidad humana y, por otro, perder el miedo y tomar la decisión de trabajar con un pequeñito de seis años con trastorno del espectro autista. Jorge

Kal El es su nombre, y ha sido mi alumno durante primero, segundo y tercer grado de primaria.

El sistema escolar establece que los maestros enseñen, pero en mi experiencia con Jorge ha sucedido a la inversa, porque quien más ha aprendido he sido yo. Mi pequeño estudiante es capaz de recordar cuantas piezas contiene cada una de sus colecciones de legos, es organizado, aferrado y perseverante.

Son muy pocos los eventos que logran despertar el interés de los niños por la ciencia y acercar al público, en general, a los avances de las investigaciones actuales. Por eso, no me cabe duda de que proyectos como la Semana Mundial del Cerebro merecen continuar recibiendo apoyo de las instituciones de investigación, de educación superior y de todos los niveles de gobierno.

BIBLIOGRAFÍA

Agudelo, H. A. M. & Lopera, F. (2008). Medicina comportamental del sueño: un campo emergente dentro de la psicología de la salud y la medicina del sueño. *International Journal of Psychological Research, 1*(1), 58–67.

Amaral, D. G., Schumann, C. M. & Nordahl, C. W. (2008). Neuroanatomy of autism. *Trends in Neuroscience, 31*(3), 137-145.

Anctil, M. (2015). *Dawn of the neuron*. Canadá: McGill Queen's University Press.

Arellanes-Licea, E. & Díaz-muñoz, M. (2012). Ritmicidad biológica de la secreción de ghrelina, GH e IGF-1, y su regulación por la alimentación. *Revista de Endocrinología y Nutrición, 20*(2), 74–87.

Arvelo, F. & Cotte, C. (2006). Metaloproteasas en la progresión tumoral. *Investigación Clínica, 47*(2),185-205.

Ávila-Darcia, S. (2016). Implicaciones del trabajo nocturno y/o trabajo por turnos sobre la salud. *Medicina Legal de Costa Rica, 33*(1), 70–78.

Ballard, O. & Morrow, A.L. (2013). Human Milk Composition. *Pediatric Clinics of North America, 60*(1), 49-74.

Blanco, C. (2014). *Historia de la neurociencia.* Madrid: Biblioteca Nueva.

Booth, A. & Gutierrez-Hartmann, A. (2015). *Recent advances in prolactin research.* En M. Diakonova, Recent advances in prolactin research (págs. 37-59). Estados Unidos: Springer.

Brown, G. C. & Neher, J. J. (2014). Microglial phagocytosis of live neurons. *Nature Reviews Neuroscience, 15*, 209-216.

Cañellas, F. (2015). Tratamiento del insomnio. En Sociedad Española de Sueño (Ed.), *Tratado de medicina del sueño* (págs. 337–351). España: Editorial Médica Panamericana.

Carrillo-Mora, P., Ramírez-Peris, J. & Magaña-Vázquez, K. (2013). Neurobiología del sueño y su importancia: antología para el estudiante universitario. *Revista de la Facultad de Medicina (México), 56*(4): 5–15.

Casado, M. E. (1996). Fisiología de la lactancia. En *Manual para entrenamiento del personal de los servicios de salud.* Instituto Chileno de Medicina Reproductiva.

Chokroverty, S. (2011). Privación de sueño y somnolencia. En S. Chokroverty *Medicina de los Trastornos del Sueño* (3ª ed., págs. 22–28). España: Elsevier.

Cohen, E., Baerts, W. & van Bel, F. (2015). Brain-sparing in intrauterine growth restriction: considerations for the neonatologist. *Neonatology, 108*(4), 269-276.

Cooke, J. R. & Ancoli-Israel, S. (2011). Normal and abnormal sleep in the elderly. *Handbook of Clinical Neurology, 98,* 653–65.

Cordero, J. A., Pereda, M. J. & Ordax, E. (2015). Epidemiología de los trastornos de sueño. En Sociedad Española de Sueño (Ed.), *Tratado de medicina del sueño* (págs. 299–302). España: Editorial Médica Panamericana.

Cortes-Sol, A., Lara-Garcia, M., Alvarado, M., Hudson, R., Berberl, P. & Pacheco, P. (2013). Inner capillary diameter of hypothalamic paraventricular nucleus of female rat increases during lactation. *BMC Neuroscience*, 14:7.

Crick, F. & Mitchinson, G. (1983). The function of dream sleep. *Nature*, 304, 111-114.

Cunningham, C. (2013). Microglia and neurodegeneration: the role of systemic inflammation. *Glia*, *61*(1), 71-90.

De Carlos, J.A. & Borrel, J. (2007). A historical reflection of the contributions of Cajal and Golgi to the foundations of neuroscience. *Brain Research Reviews, 55*(1), 8-16.

Dewald, J. F., Meijer, A. M., Oort, F. J., Kerkhof, G. A. & Bögels, S. M. (2010). The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: a meta-analytic review. *Sleep Medicine Reviews, 14*(3), 179–89.

Donald, K.A., Eastman, E., Howells, F.M., Adnams, C., Riley, E.P., Woods, R.P., Narr, K.L. & Stein, D.J. (2015). Neuroimaging effects of prenatal alcohol exposure on the developing human brain: a magnetic resonance imaging review. *Acta Neuropsychiatrica*, *27*(5), 251-269.

Drucker-Colín, R. (2005). Corteza cerebral: cognición, sueño, aprendizaje y memoria. En: R., Drucker-Colín, *Fisiología médica* (1ª ed., págs. 893-905). Manual Moderno.

Dwyer, J. B., McQuown, S.C. & Leslie, F.M. (2009). The dynamic effects of nicotine on the developing brain. *Pharmacology & therapeutics*, *122*(2), 125-139.

Elefteriou, F. (2015). Chronic stress, sympathetic activation and skeletal metastasis of breast cáncer cells. *BoneKEy Reports, 4*(693), 1-6.

Elefteriou, F. (2016). Role of sympathetic nerves in the establishment of metastatic breast cancer cells in bone. *Journal of Bone Oncology, 5*(3), 132-134.

Escobar, C., González-Guerra, E., Velasco-Ramos, M., Salgado-Delgado, R. & Angeles-Castellanos, M. (2013). La mala calidad de sueño es factor promotor de obesidad. *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios, 4*(2), 133–142.

Escohotado, A. (1998). *Historia General de las Drogas.* Alianza Editorial.

Everitt, B. J. & Robbins, T. (2005). Neural systems of reinforcement for drug addiction: from actions to habits to compulsion. *Nature Reviews Neuroscience, 8*(11),1481-1489.

Fahn, S. (2011). *Motor control.* (2ª ed., págs. 36-54). Mc Graw Hill.

Goldstein, R. Z. & Volkow, N. D. (2011). Dysfunction of the prefrontal cortex in addiction: neuroimaging findings and clinical implications. *Nature Reviews Neuroscience,* 12:652-69.

Guyton, A. & Hall, J. (2011). *Tratado de Fisiología Médica* (12a ed., págs. 1014-1016). España: Elsevier Saunders.

Ferracioli-Oda, E., Qawasmi, A. & Bloch, M. H. (2013). Meta-Analysis: Melatonin for the Treatment of Primary Sleep Disorders. *PLoS ONE*, 8(5).

Fichter, M., Klotz, M., Hirschberg, D.L., Waldura, B., Schofer, O., Ehnert, S., Schwarz, L.K., Ginneken, C.V. & Schäfer, K. (2011). Breast milk contains relevant neurotrophic factors and cytokines for enteric nervous system development. *Molecular Nutrition & Food Research, 55*(10), 1592-1596.

Fois, C., Wright, M.-A. S., Sechi, G., Walker, M. C. & Eriksson, S. H. (2015). The utility of polysomnography for the diagnosis of NREM parasomnias: an observational study over 4 years of clinical practice. *Journal of Neurology, 262*(2), 385–393.

Galbiati, A., Rinaldi, F., Giora, E., Ferini-Strambi, L. & Marelli, S. (2015). Behavioural and cognitive-behavioural treatments of parasomnias. *Behavioural Neurology,* 2015.

Gállego Pérez-Larraya, J., Toledo, J. B., Urrestarazu, E. & Iriarte, J. (2007). Clasificación de los trastornos del sueño. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra, 30*(1), 19–36.

García García, F. A., Nachón García, F. J. & Hernández Márquez, G. (2012). Sueño y vigilia. En G. A. Coria Avila (Ed.), *Neurofisiología de la conducta* (págs. 111–134). México: Universidad Veracruzana.

García-García, F., Beltrán-Parrazal, L., Jiménez-Anguiano, A., Vega-González, A. & Drucker-Colín, R. (1998). Manipulations during forced wakefulness have differential impact on sleep architecture, EEG power spectrum, and Fos induction. *Brain Research Bulletin, 47*(4), 317–24.

González-Fisher, R. F. & Flores-Shaw, P. L. (2005). El papiro quirúrgico de Edwin Smith. *Anales Médicos, 50*(1), 43-48

Guido, M. (2013). De relojes y ritmos biológicos. *Bitácora Digital, 1*(2).

Hall, J. E. (2016). *Fisiología médica.* 13a. ed. Estados Unidos: Elsevier.

Harris, C. R., Punnen, S., Carroll, P. R. (2013). Men with low preoperative sexual function may benefit from nerve-sparing radical prostatectomy. *The Journal of Urology, 190*(3), 981-986.

Haxby, J., Hoffman, E. & Gobbini, M. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences, 4*(6), 223-233.

Hay, W.W. (1994). Nutritional requirements of extremely low birthweight infants. *Acta Paediatrica Supplement,* 402, 94-99.

Hebel, R. & Stromberg, M. W. (1986). *Anatomy and embryology of the laboratory rat.* Australia: BioMed Verlag.

Hernandez, M. E. & Wilson, M. J. (2012). The role of prolactin in the evolution of prostate cáncer. *Open Journal of Urology, 2*(3), 1-7.

Herrera-Covarruvias, D., Coria-Avila, G.A., Chavarría-Xicoténcatl, P., Fernández-Pomares, C., Manzo, J., Aranda-Abreu, G.E. & Hernández, M. E. (2015). Long-Term administration of prolactin or testosterone induced similar precancerous prostate lesions in rats. *Experimental Oncology, 37*(1), 13-18.

Herrmann, E., Call, J., Hernández-Lloreda, M. V., Hare, B. & Tomasello, M. (2007). Humans have evolved specialized skills of social cognition: the cultural intelligence hypothesis. *Science, 317,* 1360-1366.

Huag, J. K., Chang, L. S., Ho, D. M. & Ho, T. L. (1989). The effect of sexual activity on androgen metabolism, androgen-receptor translocation, and glandular weight of ventral prostates of rats. *Acta Endrocrinológica, 120*(4), 505-510.

Hyman, S. E. & Malenka, R. C. (2001). Addiction and the brain: the neurobiology of compulsion and its persistence. *Nature Reviews Neuroscience, 2*(10), 695-703.

Hyman, S.E., Malenka, R. C., & Nestler, E. (2006). Neural mechanisms of addiction: the role of reward-related learning and memory. *Annual Review of neuroscience, 29,* 565-98.

IgNobel prize in neuroscience: The dead salmon study. (2012). The Scicurious Brain, Scientific American Blog Network. Recuperado de: https://blogs.scientificamerican.com/scicurious-brain/ignobel-prize-in-neuroscience-the-dead-salmon-study/.

Iidaka, T., Harada, T., Kawaguchi, J. & Sadato, N. (2012). Neuroanatomical substrates involved in true and false memories for face. *Neuroimage, 62*(1), 167-176.

Innis, S.M. (2007). Human milk: maternal dietary lipids and infant development. *Proceedings of the Nutrition Society, 66*(3), 397-404.

Jahn, H. (2013). Memory loss in Alzheimer's disease. *Dialogues in Clinical Research, 15*(4), 445-454.

Jones, K.L. & Smith, D.W. (1973). Recognition of the fetal alcohol syndrome in early infancy. *The Lancet, 302*(7836), 999-1001.

Kaku, A., Nishinoue, N., Takano, T., Eto, R., Kato, N., Ono, Y. & Tanaka, K. (2012). Randomized controlled trial on the effects of a combined sleep hygiene education and behavioral approach program on sleep quality in workers with insomnia. *Industrial Health, 50*(1), 52–9.

Katzen-Luchenta, J. (2007). The declaration of nutrition, health, and intelligence for the child-to-be. *Nutrition and Health, 19,* 85-102.

Kepper, M. E. & Keast, J. R. (2000).-Transmitter profile and spinal inputs of pelvic ganglion cells projecting with preganglionic axons along the hypogastric and pelvic nervs of the male rats. *Neuroscience, 280*(2), 123-126.

Laposky, A. D., Van Cauter, E. & Diez-Roux, A. V. (2016). Reducing health disparities: the role of sleep deficiency and sleep disorders. *Sleep Medicine, 18,* 3–6.

Lee, H., Lee, S., Bae, H., Kang, H. & Kim, S. (2016). Genome-wide identification of target genes for miR-204 and miR-211 identifies their proliferation stimulatory role in breast cancer cells. *Scientific Reports, 6*(25287), 1-12.

Lenz, K. M. & McCarthy, M. M. (2015). A starring role for microglia in brain sex differences. *Neuroscientist, 21*(3), 306-21.

Lenz, K. M., Nugent, B. M., Haliyur, R. & McCarthy, M. M. (2013). Microglia are essential to masculinization of brain and behavior. *Journal of Neuroscience, 33*(7), 2761-2772.

MacDonald, A., Cohen, J., Stenger, V. & Carter, C. (2000). Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science, 288*(5472), 1835-1838.

Machado, S.; Cunha, M., Velasques, B., Minc, D., Teixeira, S., Domíngues, C. A., Silva, J. G. Bastos, V. H., Budde, H., Cagy, M., Basile, L., Piedade, R. & Ribeiro, P. (2010). Integración sensitivomotora: conceptos básicos, anomalías relacionadas con trastornos del movimiento y reorganización cortical inducida por el entrenamiento sensitivomotor. *Neurología, 51*(7), 427-436.

Masalán, P. M., Sequeida, J. & Ortiz, M. (2013). Sueño en escolares y adolescentes, su importancia y promoción a través de programas educativos: Education and behavioral approach programs. *Revista Chilena de Pediatría, 84*(5), 554–564.

Mascetti, G. G. (2016). Unihemispheric sleep and asymmetrical sleep: behavioral, neurophysiological, and functional perspectives. *Nat Sci Sleep, 8,* 221-38.

Matcovitch-Natan, O. Winter, D.R., Giladi, A. Vargas-Aguilar, S., Spinrad, A., Sarrazin, S., Ben-Yehuda, H., David, E., Zelada-González, F., Perrin, P., Keren-Shaul, H., Gury, M., Lara-Astaiso, D., Thaiss, C.A., Cohen, M., Bahar-Halpern, K., Baruch, K., Deczkowska, A., Lorenzo-Vivas, E., Itzkovitz, S., Elinav, E., Sieweke, M.H., Schwartz, M., & Amit, I. (2016). Microglia development follows a stepwise program to regulate brain homeostasis. *Science, 353*(6301).

Mazzoni, P., Shabbott, B., & Cortés, J. C. (2012). Motor control abnormalities in Parkinson's disease. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine, 2*(6), 1-17.

Medina-Chávez, J. H., Fuentes-Alexandro, S. A., Gil-Palafox, I. B., Adame-Galván, L., Solís-Lam, F., Sánchez-Herrera, L. Y., & Sánchez-Narváez, F. (2014). Guía de práctica clínica. Diagnóstico y tratamiento del insomnio en el adulto mayor. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social, 52*(1), 108–19.

Melgarejo-Gutiérrez, M., Acosta-Peña, E., Venebra-Muñoz, A., Escobar, C., Santiago-García, J., & Garcia-Garcia, F. (2013). Sleep deprivation reduces neuroglobin immunoreactivity in the rat brain. *NeuroReport, 24*(3), 120–125.

Miró, E., Cano-Lozano, M. D. C., & Buela-Casal, G. (2005). Sueño y calidad de vida. *Revista Colombiana de Psicología, 14*(1), 11–27.

Mlakar, J., Korva, M., Tul, N., Popović, M., Poljšak-Prijatelj, M., Mraz, J., Kolenc, M., Resman Rus, K., Vesnaver Vipotnik, T., Fabjan Vodušek, V., Vizjak, A., Pižem, J., Petrovec, M., & Avšič Županc, T. (2016). Zika Virus Associated with Microcephaly. *The New England Journal of Medicine,* 374: 951-958.

Mondragon-Rezola, E., Arratibel-Echarren, I., Ruiz-Martinez, J., & Marti-Masso, J. F. (2010). Sleep disorders in Parkinson's disease: insomnia and sleep fragmentation, daytime hypersomnia, alterations to the circadian rhythm and sleep apnea syndrome. *Revista de Neurología, 50 Suppl 2,* S21-26.

Mukherjee, S. (2011). *El emperador de todos los males.* (págs. 15-16). Madrid: Taurus

Negrete-Martínez, J. (2013). *Inteligencia en computadoras y en robots.* México, Universidad Veracruzana

Negrete-Martínez, J. (2011). La abominable Inteligencia *Artificial de un boticario.* México: Universidad Veracruzana.

Nielsen, J., Crone, C., Hultborn, H. (1993). H-reflexes are smaller in dancers from The Royal Danish Ballet than in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 66*(2),116-121.

Nieuwenhuys, R., Ten Donkelaar, H. J. & Nicholson, C. (1998). *The Central Nervous System of Vertebrates.* Vol. 3, Berlin: Springer.

O'Leary, C.M. (2004). Fetal alcohol syndrome: diagnosis, epidemiology, and developmental outcomes. *Journal of Pediatrics and Child Health, 40*(1-2), 2-7.

Ozminkowski, R. J., Wang, S., & Walsh, J. K. (2007). The direct and indirect costs of untreated insomnia in adults in the United States. *Sleep, 30*(3), 263–73.

Paniagua, J., & Iznaola, M. C. (2015). Características generales del sueño normal en el hombre. En Sociedad Española del Sueño (Ed.), *Tratado de medicina del sueño* (págs. 17–26). España: Editorial Médica Panamericana.

Paolicelli, R. C., Boladco, G., Pagani, F., Maggi, L. Scianni, M., Panzanelli, P., Giustetto, M., Ferreira, T.A., Guiducci, E., Dumas, L., Ragozzino, D., & Gross, C.T. (2011). Synaptic Pruning by microglia is necessary for normal brain development. *Science, 333*(6048),1456-1458.

Parent, A. (1996). Blood supply of the central nervous system. En *Carpenter´s human neuroanatomy* (9ª ed., págs. 93-128). Williams & Wilkins.

Park, S., Kim, J., Kim, N., Yang, K., Shim, J., & Heo, Kyu. (2016). Estradiol, TGF-b1 and hypoxia promote breast cancer stemness and EMT-mediated breast cancer migration. *Oncology Letters, 11*(3), 1895-1902.

Patel, S., Heinrich, A., Reddy, B., Srinivas, B., Heidaran, N., & Rameshwar, P. (2008). Breast cancer biology: the multifaceted roles of mesenchymal stem cells. *Journal of Oncology.*

Perdana, N. R., Mochtar, C. A., Umbas, R., Hamid, A. R. (2016). The risk factors of prostate cancer and its prevention: a literaure review. *Acta Médica Indonesiana, 48*(3), 228-238.

Pérez-Padilla, R. (2008). Prevalence of sleep related symptoms in four Latin American cities. *Journal of Clinical Sleep Medicine, 4*(6), 579–85.

Perez-Pouchoulen, M., VanRyzin, J. W, & McCarthy, M. M. (2015). Morphological and phagocytic profile of microglia in the developing cerebellum. *eNeuro,* 1-15.

Puertas, F. J., & Prieto, F. (2015). Semiología y manifestaciones clínicas de los trastornos de sueño. En Sociedad Española del Sueño (Ed.), *Tratado de medicina del sueño* (págs. 303–313). España: Editorial Médica Panamericana.

Rochcongar, P., Dassonville, J., Le Bars, R. (1979). Modifications du Refiexe de Hoffmann en Fonktion de l'Entralnement chez le Sportif. *European Journal of Applied Physiology, 40,* 165-170.

Rosenthal, L. (2015). Insomnio crónico. En Sociedad Española del Sueño (Ed.), *Tratado de medicina del sueño* (págs. 320–325). España: Editorial Médica Panamericana.

Sagan, C. (2016). *Los Dragones del Edén: especulaciones sobre la evolución de la inteligencia humana.* México: Ediciones Culturales Paidós, S. A. de C.V.

Salgado-Delgado, R. C., Fuentes-Pardo, B., & Escobar-Briones, C. (2009). La desincronización interna como promotora de enfermedad y problemas de conducta. *Salud Mental, 32*(1), 69–76.

Salgado-Delgado, R., Escobar, C., & Saderi, N. (2015). Aspectos cronobiológicos de la obesidad y el síndrome metabólico. In M. Caba & P. Valdez (Eds.), *Ritmos circadianos: de la célula al ser humano* " (1ª ed., págs. 125–148). México: Universidad Veracruzana.

Salgado-Delgado, R., Tapia-Osorio, A., Saderi, N., & Escobar, C. (2011). Disruption of circadian rhythms: a crucial factor in the etiology of depression. *Depression Research and Treatment, 2011,* 839743.

Sateia, M. J. (2014). International Classification of Sleep Disorders-Third Edition. *Chest, 146*(5), 1387–1394.

Schacter, D., Alpert, N., Savage, C., Rauch, S., & Albert, M. (1996). Conscious recollection and the human hippocampal formation: Evidence from positron emission tomography. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences, 93*(1), 321-325.

Schafer, D. P., & Stevens, B. (2013). Phagocytic glial cells: sculpting synaptic circuits in the developing nervous system. *Current Opinion in Neurobiology, 23,* 1034-1040.

Shemanco, C., Cong, Y., & Forsyth, A. (2016). What is breast in the bone? *International Journal of Molecular Sciences, 17*(10).

Shoshani, J., Kupsky, W.J., & Marchant, G.H., (2006). Elephant brain. Part I: Gross morphology functions, comparative anatomy, and evolution, *Brain Research Bulletin, 70*(2), 124-157.

Sidman, R.L., Rakic, P. Neuronal migration, with special reference to developing human brain: a review. *Brain Research, 62*(1),1-35.

Smith, M. A., Brandt, J., & Shadmehr, R. (2000). Motor disorder in Huntington's disease beings as a dysfunction on error feedback control. *Nature, 403,* 544-549.

Thorpy, M. J. (2012). Classification of sleep disorders. Neurotherapeutics : *The Journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics, 9*(4), 687–701.

Torre-Bouscoulet, L. (2015). Los retos de la medicina personalizada. *Neumología y cirugía de tórax, 74*(4), 238–239.

Torre-Bouscoulet, L., Fernández-Plata, R., Martínez-Briseño, D., Pérez-Padilla, R., Guzmán-Barragán, A., & Cecilia García-Sancho, M. (2016). Los síntomas de sueño son predictores del número de comorbilidades. Estudio poblacional. *Neumología y cirugía de tórax, 75*(3), 209–214.

Trejo-Muñoz, L., Navarrete, E., Montúfar-Chaveznava, R., & Caldelas, I. (2012). Determining the period, phase and anticipatory component of activity and temperature patterns in newborn rabbits that were maintained under a daily nursing schedule and fasting conditions. *Physiology & Behavior, 106*(5), 587–96.

Tresguerres, J. A. (2010). *Fisiología Humana.* 4a. ed. Madrid, España. Mc Graw Hill.

Venebra Muñoz, A., Santiago García, J., & García García, F. (2006). Trastornos del dormir. *Revista Médica de La Universidad Veracruzana, 6*(2), 18–28.

Vgontzas, A. N., Bixler, E. O., & Chrousos, G. P. (2006). Obesity-Related Sleepiness and Fatigue: The Role of the Stress System and Cytokines. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1083*(1), 329–344.

Villringer, A., Dirnagl, U. (1995). Coupling of brain activity and cerebral blood flow: basis of functional neuroimaging. *Cerebrovascular and Brain Metabolism Reviews, 7*(3),240-276.

Volkow, N. D., Koob, G. F., Mclellan, T. A. (2016). Neurobiologic Advances from the Brain Disease Model of Addiction. *New England Journal of Medicine, 374*:363-371.

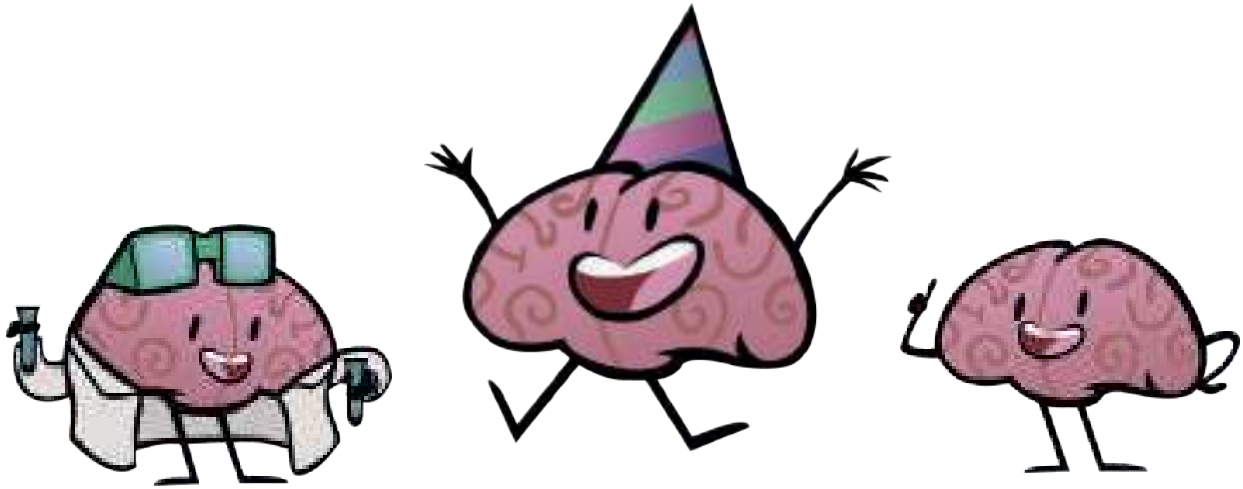
Walker, M. P., & Stickgold, R. (2004). Sleep-Dependent Learning and Memory Consolidation. *Neuron, 44*(1), 121–133.

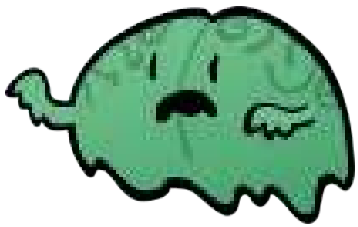
Wang, L., Cheung, J. T., Pu, F., Li, D., Zhang, M., & Fan, Y. (2011). Why do woodpeckers resist head impact injury: a biomechanical investigation. *PLOS One.*

Wulff, K., Gatti, S., Wettstein, J. G., & Foster, R. G. (2010). Sleep and circadian rhythm disruption in psychiatric and neurodegenerative disease. *Nature Reviews Neuroscience, 11*(8), 589–599.

Yang, I., Corwin, E.J., Brennan, P.A., Jordan, S., Murphy, J.R., & Dunlop, A. (2016). The Infant Microbiome: Implications for Infant Health and Neurocognitive Development. *Nursing Research, 65*(1), 76-88.

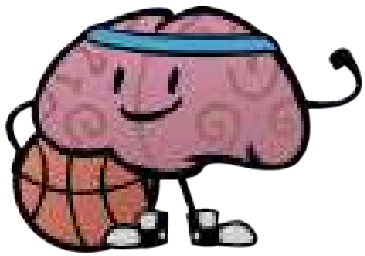
Yu, X., Wei, F., Yu, J., Zhao, H., Jia, L., Ye, Y., Du, R., Ren, X., & Li, H. (2015). Matrix metalloproteinase 13: a potential intermediate between low expression of microRNA-125b and increasing metastatic potential of non-small cell lung cancer. *Cancer Genetics, 208*(3), 76-84.

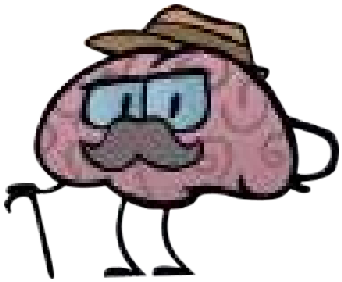


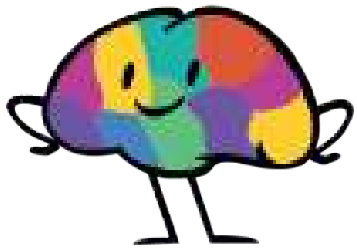


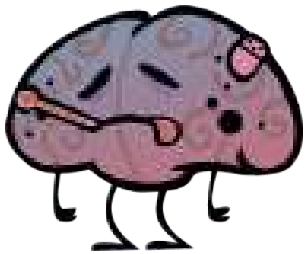
Diez años celebrando el cerebro

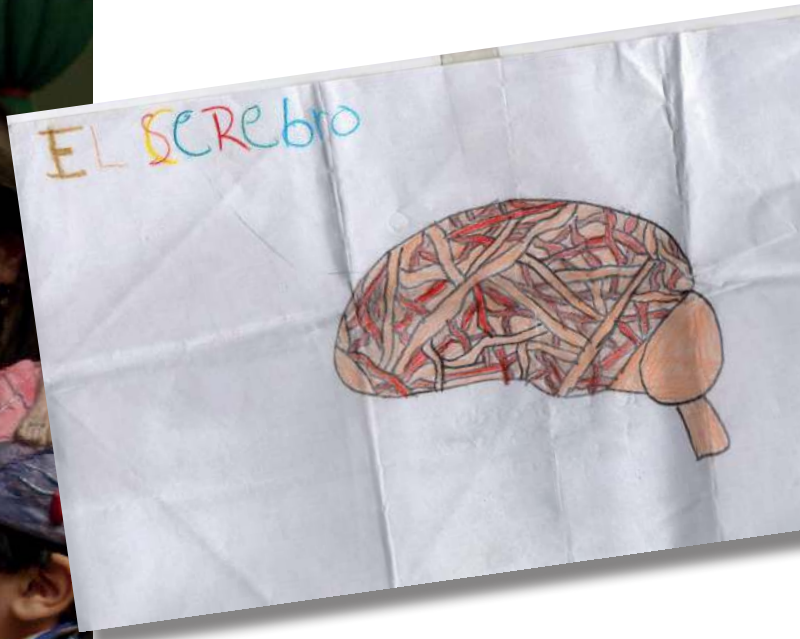
Un recorrido por la Semana Mundial del Cerebro a través de fotografías, carteles publicitarios del evento, así como dibujos y cartas de los niños participantes de las distintas ediciones de este evento que, desde hace una década, organiza el Centro de Investigaciones Cerebrales en la Universidad Veracruzana.

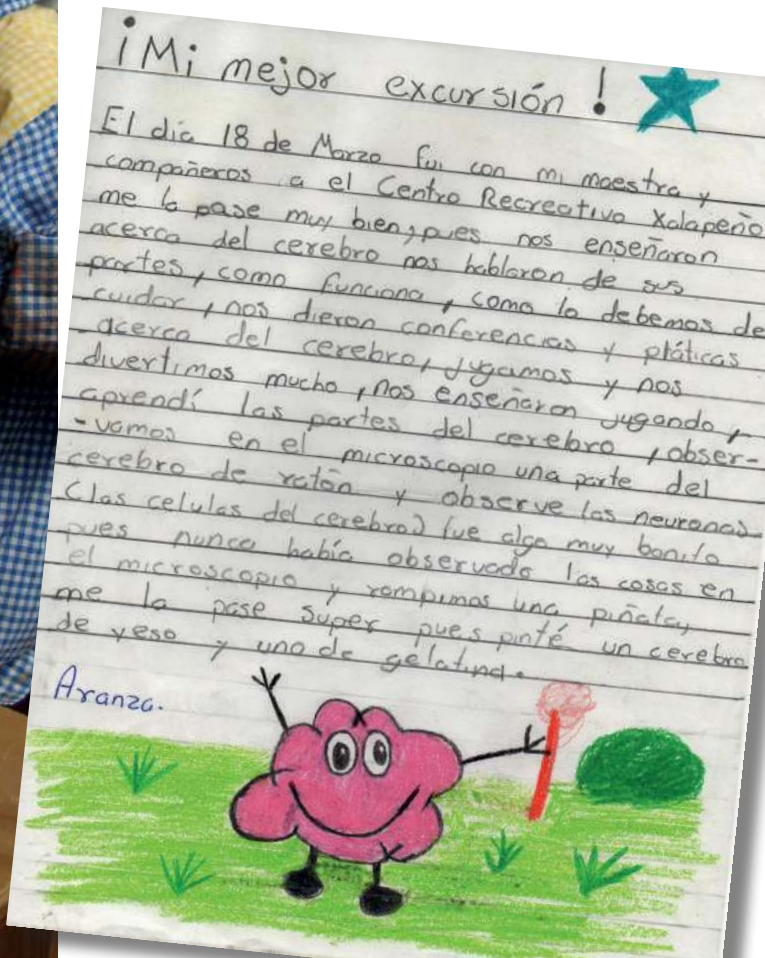












¡Mi mejor excursión!

El día 18 de Marzo fui con mi maestra y compañeros a el Centro Recreativo Xalapeño me la pase muy bien, pues nos enseñaron acerca del cerebro nos hablaron de sus partes, como funciona, como lo debemos de cuidar, nos dieron conferencias y pláticas acerca del cerebro, jugamos y nos divertimos mucho, nos enseñaron jugando, aprendí las partes del cerebro, observamos en el microscopio una parte del cerebro de ratón y observe las neuronas (las celulas del cerebro) fue algo muy bonito pues nunca había observado las cosas en el microscopio y rompimos una piñata, me la pase super pues pinté un cerebro de yeso y uno de gelatina.

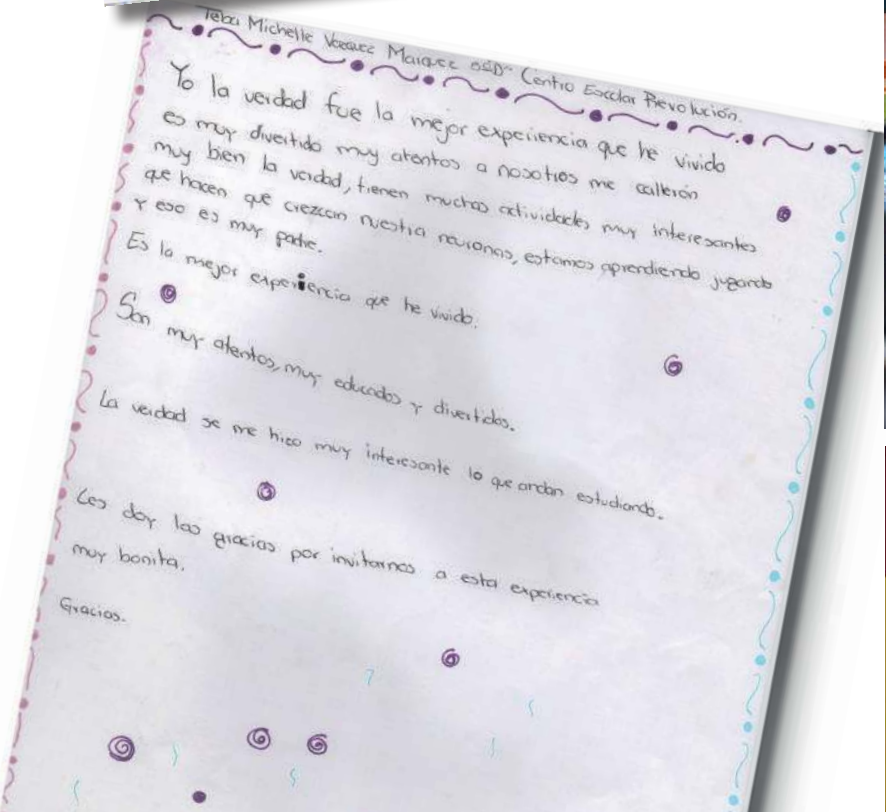
Aranza.

cerebro

plaza Crystal
cerebro
Marco Viali
Marco Viali
DYMAS

cerebro

Mery Itzel Del Angel Hernánde
4-B
Queridos Maestro me gusto mucho la Feria del cerebro me gusto la mesa 7 donde estaban las ratitas, que se la pasen muy bien de corazón


Teba Michelle Vazquez Marquez 6ºD Centro Escolar Revolución.
Yo la verdad fue la mejor experiencia que he vivido es muy divertido muy atentos a nosotros me callerón muy bien la verdad, tienen muchas actividades muy interesantes que hacen que crezcan nuestra neuronas, estamos aprendiendo jugando y eso es muy padre.
Es la mejor experiencia que he vivido.
Son muy atentos, muy educados y divertidos.
La verdad se me hizo muy interesante lo que andan estudiando.
Les doy las gracias por invitarnos a esta experiencia muy bonita.
Gracias.

Neurona

De: Camila Dávila A.
Para: Doc. María Rebeca

Asómate al interior del cerebro

Mi visita a la feria de la

SEMANA MUNDIAL
DEL
CEREBRO

El dia 18 de Marzo de 2009 a mi grupo y a mi nos llevaron al evento de la semana mundial del cerebro, donde hice muchas actividades divertidas en las cuales aprendi mucho.

Juguè la loteria del cerebro en la cuál me diverti mucho aprendiendo y jugando.

Tambien juguè twister del cerebro me diverti y aprendi como se llama cada jabòlo del cerebro y para que sirve.

Cuando pinte mi gelatina de cerebro, para mi fue muy divertido pintar de diferentes colores.

La actividad que más me divertio fue meterme a la alberca de pelotas cuando me meti par el par del cerebro y las neuronas.

Todas las actividades me fascinarón. Nunca habia vivido una experiencia asi tan divertida en mi vida.

Espero que este evento se sigo celebrando ya que es muy divertido y te dan ganas de quedarte en ese lugar.

Atte. Maria de los Angeles Castillo Hdez.

Ayer me la Pase Padre en la "Semana del cerebro".

Yo aprendi a cuidar el cerebro y tambien conoci el cerebro de una rata.

No Pase a todas las mesas Pero como me la Pase muy bien quisiera siembre ir a ese lugar y tambien conuivi con el Payasito (Henry) y con mis compañeros.

Mi experiencia en la semana mundial del cerebro.

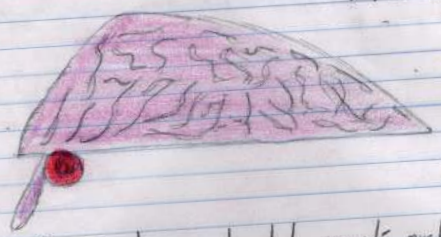
Fue la experiencia mas genial que he tenido pero el payaso era bien chistoso y a la vez grosero por que subia muy rápido la electricidad me gane 3 sellos. pero solo era un premio lo que si me gane fueron como 10 dulces.

Mario Ulises Libby Morales

El cerebro

Erick Daniel García Velasco

17/03/09



Hoy fue un día muy divertido, aprendí muchos cosas en la semana mundial del cerebro, les quedo excelente, aprendi muchos cosas; que el cerebro se divide en aproximadamente 6 partes aprendí tambien las partes de la neurona son los siguientes: Soma, dentritos, el axón, eta

Yo creo hablar por todos al decir que nos divertimos mucho y jugamos y es la forma mas fácil de aprender jugando, espero ir a la semana mundial del cerebro otra vez el próximo año si vienen a Xalapa.

Yo me interesé mucho en este tema y desearía saber todo sobre el cerebro.

Otra cosa que aprendí fue que el cerebro es que el coordina todos los movimientos y responde en cuestion de segundos, que los neuronas se comunican a través de señales, que nuestro cuerpo tiene electricidad, hay una enfermedad que es falta de memoria de corto plazo.

Semana Mundial del Cerebro
Josué

NEURONA
núcleo
Dendritas

Gracias por participar: Carolina
El cerebro y los sentidos 19-05-09
La Neurona
Alexa
Gracias!!
La Neurona
Xalapa
2009

SPIDER
consumir
drogas

Fiestas
Patronales.

Fiestas
Patronales.

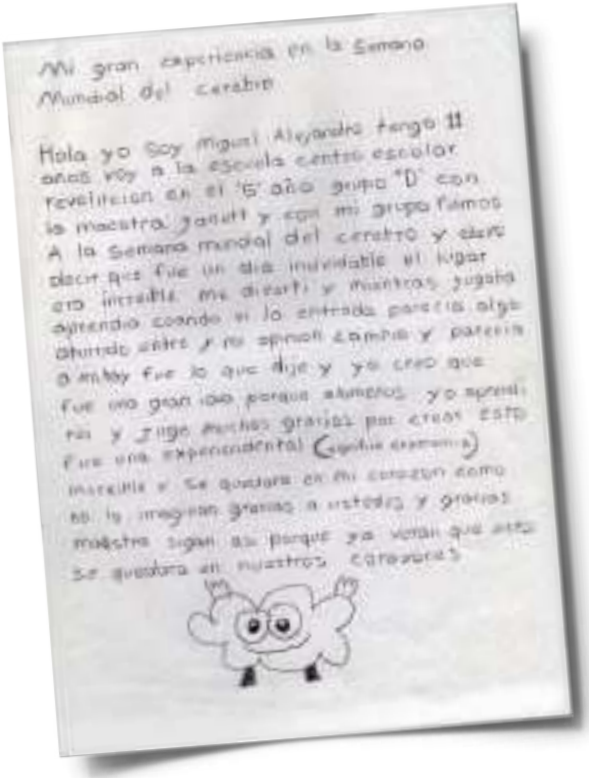
DIA MUNDIAL DEL CEREBRO

Ami megusto todo

Area
7
Me gusto mucho la
Area de las Cucarachas
Porque conoci algo nuevo
como se anestecia, y que
cuando le pones
musica o la tocas
se mueve muy rapido
y tambien me josto
todo lo demas

Traekwondo
Gimnasia
Aeróbica

H. CONGRESO DEL ESTADO DE VERACRUZ
UNIVERSIDAD VERACRUZANA
"SEMANA MUNDIAL DEL CEREBRO XALAPA 2011"



Mi gran experiencia en la Semana Mundial del cerebro

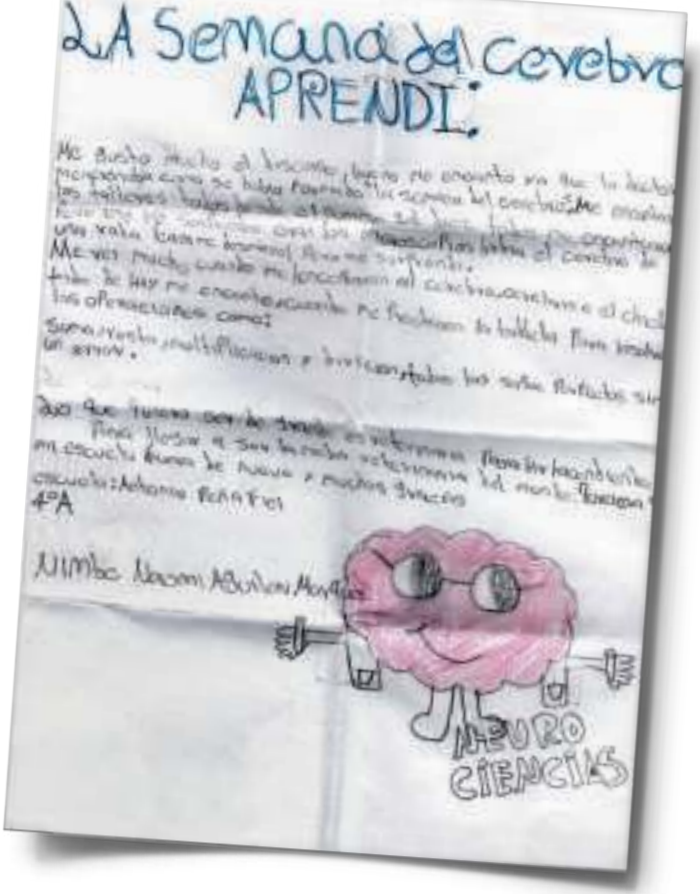
Hola yo soy Miguel Alejandro tengo 11 años voy a la escuela centro escolar revolucion en el 5° año grupo "D" con la maestra Janett y con mi grupo fuimos A la semana mundial del cerebro y debo decir que fue un dia inolvidable el lugar era increible me divertí y mientras jugaba aprendia cuando vi la entrada parecia algo aturrido entre y mi opinion cambio y parecia a mi hay fue lo que dije y yo creo que fue una gran idea porque almenos yo aprendi rai y juego muchas gracias por crear esto fue una experiendental (experiencia) increible y se quedara en mi corazon como no lo imaginan gracias a ustedes y gracias maestra sigan asi porque ya veran que esto se quedara en nuestros corazones

"Cerebrin"

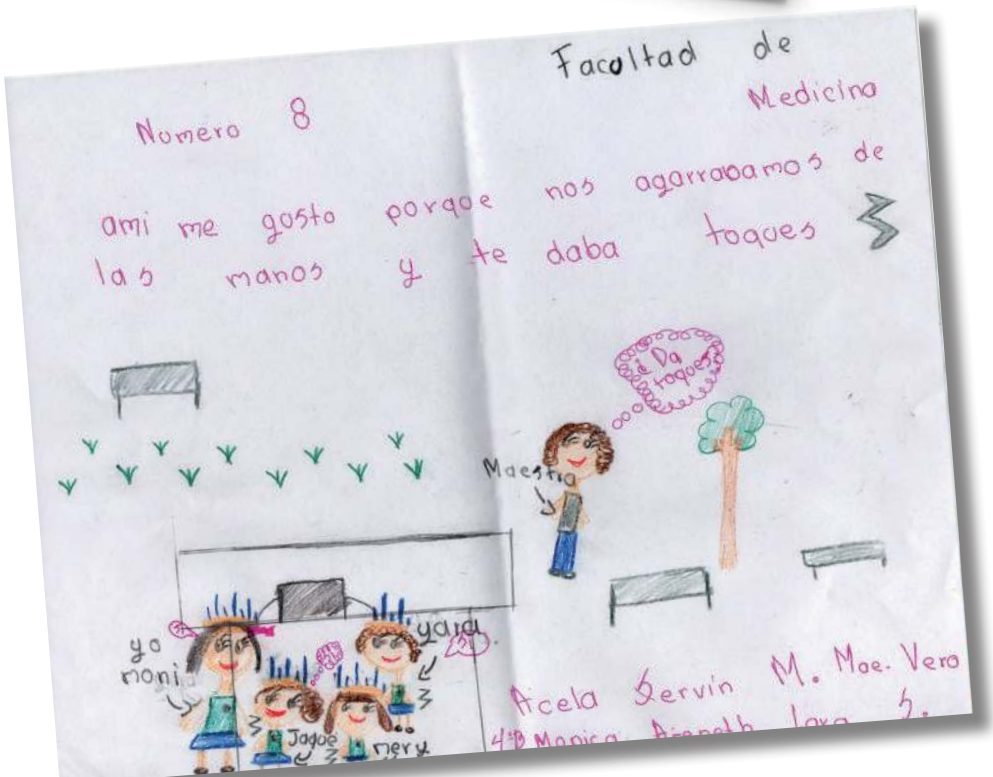
Querido Cerebrin a mi me gusto tu apodo "chicle" porque es mas divertido tu apodo porque parece un chicle mordido y el video tambien me gusto y los juegos me dolio cuando [illegible] en el [illegible] de la [illegible] 1 [illegible] la [illegible] me gusto porque tenia que manejar un carrito con mi cuerpo y la 7 porque tenia que adivinar quien era y todos los juegos me gusto.

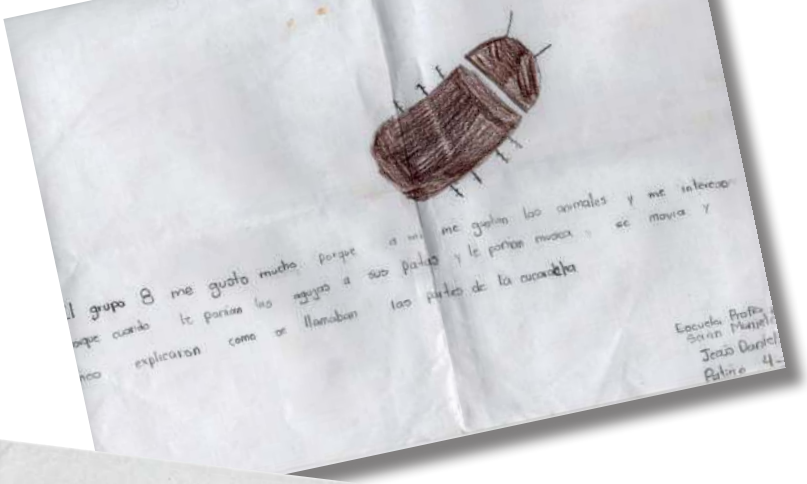
¡Gracias!

Cater may Felis

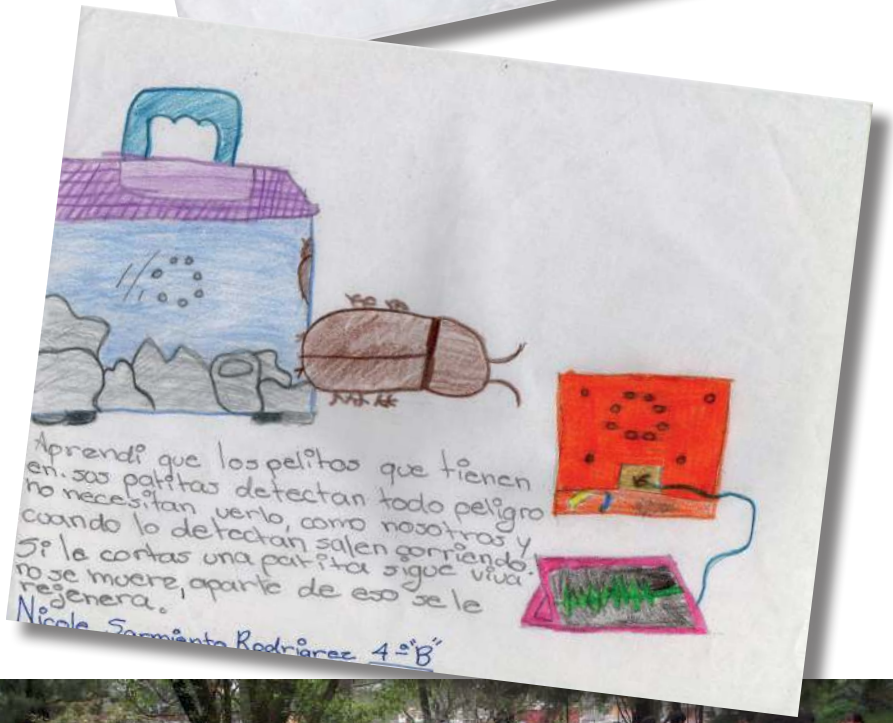

LA Semana del cerebro
APRENDI:
NEURO
CIENCIAS

Semana Mundial del Cerebro
¡Cerebro diferente!
12 al 16 Marzo

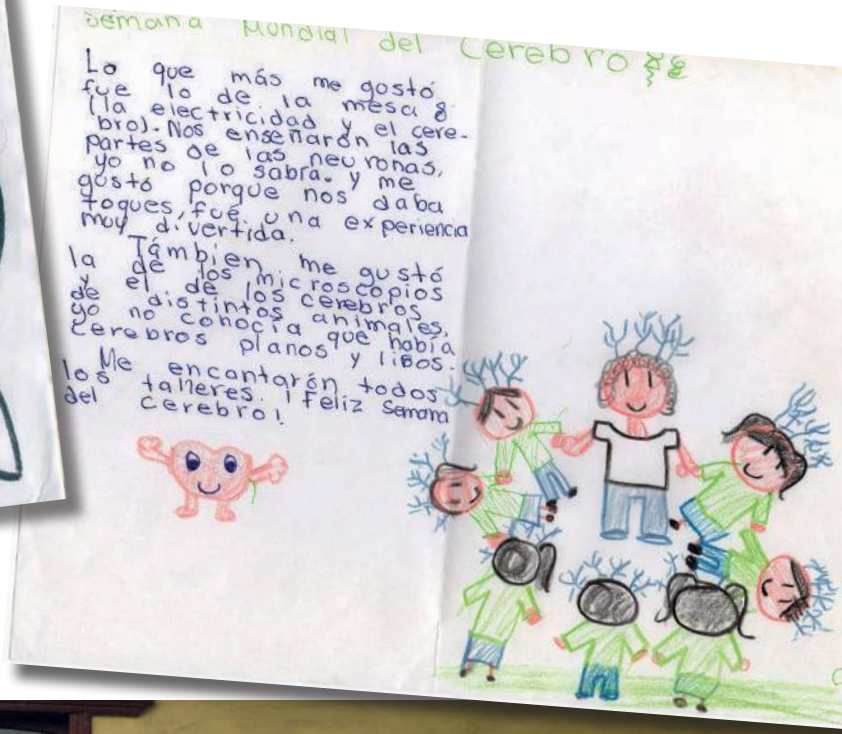

Facultad de Medicina
Numero 8
ami me gusto porque nos agarrabamos de las manos y te daba toques
¿Da toques?
Maestra
yo moni
yara
Jaque
mery
Acela Servin M. Mae. Vero



l grupo 8 me gusto mucho porque a mi me gustan los animales y me interesa
porque cuando le ponian las agujas a sus patas y le ponian musica, se movia y
nos explicaron como se llamaban las partes de la cucaracha
Escuela Profa.
Jesús Daniel
Patiño 4



Aprendi que los pelitos que tienen
en sus patitas detectan todo peligro
no necesitan verlo, como nosotros y
cuando lo detectan salen corriendo.
Si le cortas una patita sigue viva
no se muere, aparte de eso se le
regenera.
Nicole Sarmiento Rodriguez 4º "B"



Semana Mundial del Cerebro

Lo que más me gostó fue lo de la mesa (la electricidad y el cerebro). Nos enseñaron las partes de las neuronas, yo no lo sabía. y me gostó porque nos daba toques, fué una experiencia muy divertida.

Tambien me gustó la de los microscopios y el de los cerebros de diotintos animales, yo no conocia que habia cerebros planos y libos.

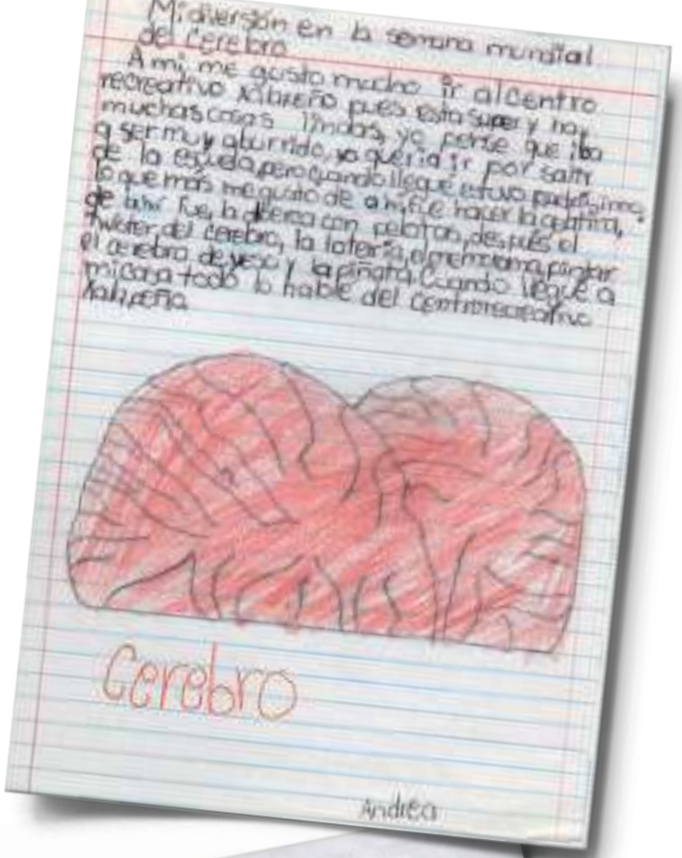
Me encantarón todos los talleres. ¡Feliz Semana del cerebro!

Semana Mundial del
Cerebro
Xalapa 2017
10
¡AÑOS

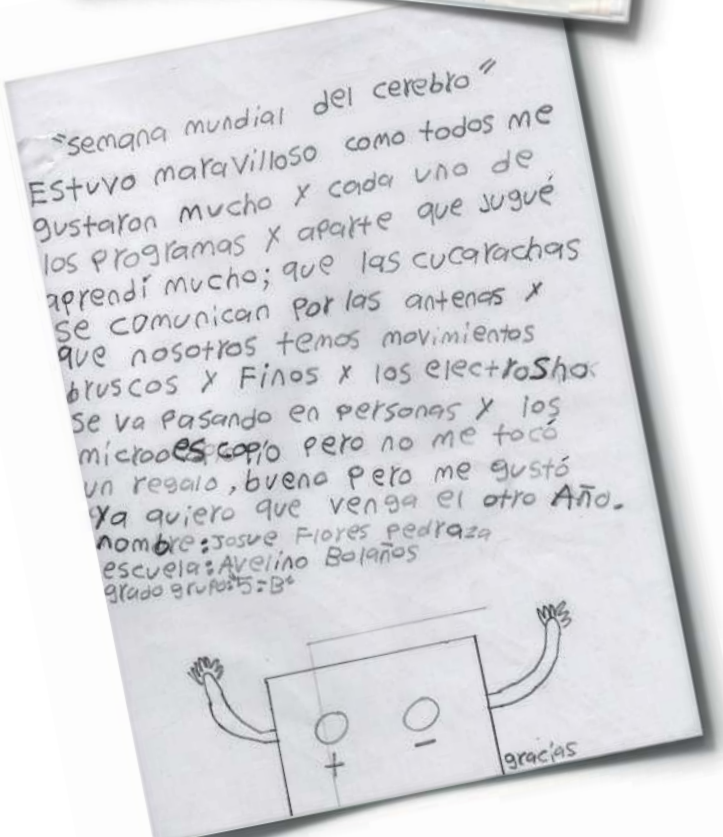
Semana Mundial del
Cerebro
10
CELEBRANDO

EA
ACUEDUCTO

Daytona
SEA VIEW


Mi diversión en la semana mundial del cerebro

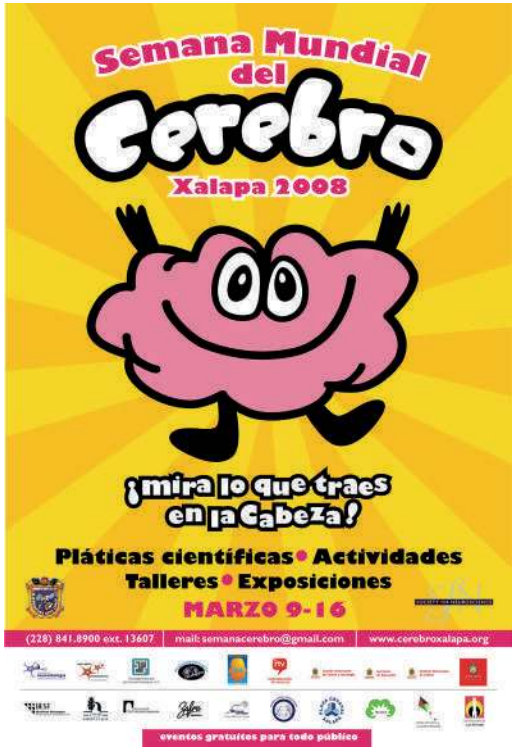
A mi me gusto mucho ir al centro recreativo xalapeño pues esta super y hay muchas cosas lindas, yo pense que iba a ser muy aburrido, yo quería ir por salir de la escuela pero cuando llegué estuvo padrísimo, lo que más me gusto de a mi fue hacer la gelatina, de bivi fue, la alberca con pelotas, después el twister del cerebro, la lotería, el memorama, pintar el cerebro de yeso y la piñata. Cuando llegué a mi casa todo lo hable del centro recreativo xalapeño.

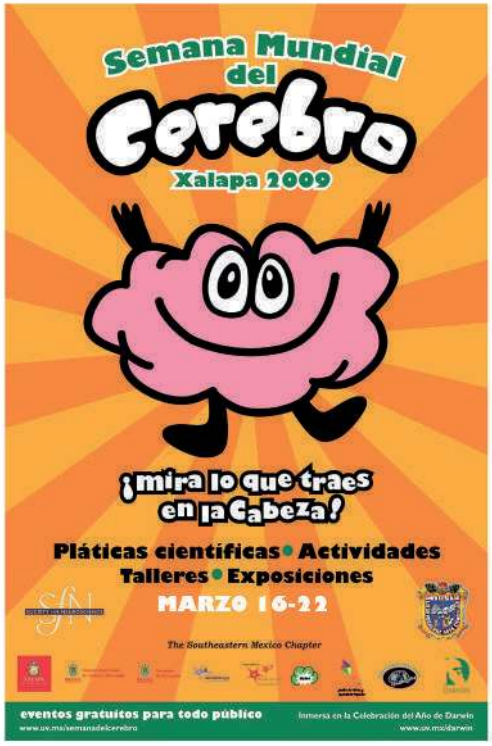

"semana mundial del cerebro"

Estuvo maravilloso como todos me gustaron mucho y cada uno de los programas y aparte que jugué aprendí mucho; que las cucarachas se comunican por las antenas y que nosotros temos movimientos bruscos y finos y los electroshoc se va pasando en personas y los microoescopio pero no me tocó un regalo, bueno pero me gustó ya quiero que venga el otro Año.

nombre: Josue Flores Pedraza
escuela: Avelino Bolaños
grado grupo: 5 : B

Semana Mundial del
CEREBRO
Desafiando al cErEbRo
6
El ajedrez ...
Te divierte
Te relaja
Aumenta tu concentración
Fomenta la toma de deci
Mejora tu me
Aumenta tu
Te av


Semana Mundial del
Cerebro
Xalapa 2008
¡mira lo que traes en la Cabeza!
Pláticas científicas • Actividades
Talleres • Exposiciones
MARZO 9-16
(228) 841.8900 ext. 13607
mail: semanacerebro@gmail.com
www.cerebroxalapa.org
eventos gratuitos para todo público


Semana Mundial del
Cerebro
Xalapa 2009
¡mira lo que traes en la Cabeza!
Pláticas científicas • Actividades
Talleres • Exposiciones
MARZO 16-22
The Southeastern Mexico Chapter
eventos gratuitos para todo público
www.uv.mx/semanadelcerebro
Inmersa en la Celebración del Año de Darwin
www.uv.mx/darwin

Semana Mundial del
Cerebro
¡música, danza y Cerebro!
Pláticas científicas • Actividades • Talleres • Exposiciones
22-27 MARZO 2010
The Southeastern Mexico Chapter
eventos gratuitos para todo público
www.uv.mx/semanadelcerebro

Semana Mundial del Cerebro
XALAPA 2011
¡Cerebro y deporte!
14 al 18 Marzo
Pláticas científicas • Actividades
Talleres • Exposiciones
YAMSA
www.uv.mx/semanadelcerebro

Semana Mundial del Cerebro
XALAPA 2012
¡Cerebro diferente!
12 al 16 Marzo
CREEVER
Universidad Veracruzana
www.uv.mx/semanadelcerebro

semana mundial del
Cerebro
XALAPA 2013
El Cerebro y sus Fantasmas
11 al 15 de Marzo
UNIDAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
Universidad Veracruzana

70 ANIVERSARIO
Semana Mundial del
Cerebro
Xalapa 2014
NEURO CIENCIAS
¡El lado divertido de tu Cerebro!
Unidad de Ciencias de la Salud U.V.
10 al 14 Marzo

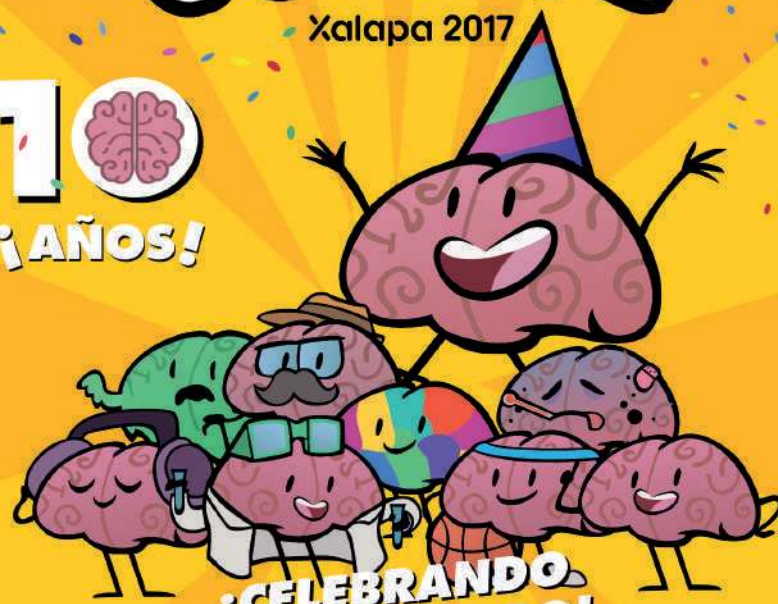
Semana Mundial del
Cerebro
Xalapa 2015
EL CEREBRO LONGEVO
9 al 13 de Marzo
Quinta de las Rosas
CICE
CENTRO DE INVESTIGACIONES CEREBRALES
DIF
COVEICYDET
Quinta de las Rosas: Av. 20 de Noviembre 357 Esq. Independencia, Col. Centro, 91000. Xalapa, Ver.

Semana Mundial del
Cerebro
Xalapa 2016
CENTRO DE INVESTIGACIONES CEREBRALES
Quiero ser
NEUROCIENTÍFICO
UNIDAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
Aula Magna • 14-16 Marzo • 10-12 Hrs.
www.uv.mx/semanadelcerebro
Universidad Veracruzana

Semana Mundial del Cerebro

Xalapa 2017

10 ¡AÑOS!



¡CELEBRANDO el CEREBRO!

Universidad Veracruzana

BRAIN AWARENESS WEEK Get Connected

SOCIETY FOR NEUROSCIENCE Southeastern Mexico Chapter

CICE Centro de Investigaciones Cerebrales

DOCTORADO INVESTIGACIONES CEREBRALES

neurobiología REVISTA ELECTRÓNICA

FARO

COVECYDET CONSEJO VERACRUZANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

INTERNATIONAL BRAIN IBRO RESEARCH ORGANIZATION

Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas

NUESTRO MUNICIPIO

Crédito de las imágenes, ilustraciones y figuras

Las fotografías incluidas en las páginas 25, 27, 29, 38, 43, 45, 48, 52, 83, 87, 88, 95, 99, 101, 102, 103, 106, 118 y 128 y 129 fueron tomadas de Pixabay.com, todas ellas bajo la licencia Creative Commons CC0, libres para su reutilización y adaptación sin atribuir autor o fuente original.

Las figuras que acompañan a los artículos fueron proporcionadas por los autores de los mismos y se publican con su permiso expreso.

Mención aparte merecen las siguientes imágenes:

Pág. 53. Retrato de Pío del Río Hortega. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, Eulogia Merle. Tomado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:P%C3%ADo_del_R%C3%ADo_Hortega_(MUNCYT,_Eulogia_Merle).jpg

Pág. 97: Diagrama de hiperplasia benigna de próstata, tomado de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BPH_es-hiperplasia_benigna_de_prostata.png

Pág. 119: Ilustración del Pato de Vaucanson. Tomado de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AMechaDuck.png

Agradecemos a Pablo Sergio Hernández Robles la creación de la imagen original de la Semana del Cerebro, así como su trabajo en todo el material publicitario del evento, incluyendo los carteles que en esta obra se presentan.

Del mismo modo, agradecemos a Andrea Martínez Marroquín sus ilustraciones e intervención en el cartel de la edición 2017 de la Semana Mundial del Cerebro.

Agradecemos también, de manera especial, las fotografías proporcionadas por el Departamento de Prensa de la Dirección General de Comunicación Universitaria de la UV.

El resto de las ilustraciones y fotografías, son propiedad del Centro de Investigaciones Cerebrales.