

El cerebro que necesitamos

The brain we need

Samantha Toledo Mesa¹, José Eduardo Reynoso Cruz², Iliana Tamara Cibrián Llanderal^{2*}

¹ Doctorado en Neuroetología, Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana

² Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana

Recibido: 5 de enero de 2023

Aceptado: 7 de febrero de 2023

Publicado: 22 de marzo de 2023

RESUMEN

Por años, el cerebro humano se ha dedicado a estudiarse, tanto a sí mismo como a los cerebros de otras especies con el objetivo de comprender cómo está organizado. Resulta pertinente que los docentes reflexionen con sus estudiantes sobre el papel que cada ser vivo representa en cada hábitat, además de identificar que cada uno cumple diferentes funciones y cuentan con habilidades, estructuras y formas que los hacen únicos. Es necesario generar interés en las aulas por el conocimiento a profundidad de los seres vivos, analizando los procesos de respuesta cognitiva y conductual de diferentes especies como perros, gatos, pollos, conejos, etc. ante diferentes estímulos identificando formas de pensar y/o actuar, relacionándolo con el ser humano. Este texto busca, aclarar que las diferencias cerebrales no se deben emplear para denotar superioridad, es más, lo adecuado sería partir del supuesto de que cada especie posee el cerebro que necesita. Así, bajo esta lógica, es más acertado catalogarnos como una especie diferente a las demás, dejando de lado etiquetas que den señal de alguna superioridad humana e inferioridad de otros animales. En especial las diferencias deberían de tomarse como punto de partida para preguntarnos ¿Qué hace a nuestro cerebro diferente? Y tal vez algunas respuestas a esta pregunta nos permitan conocer un poco sobre ¿Qué nos hace ser humanos?

PALABRAS CLAVE: cerebro, evolución, cociente de encefalización, corteza prefrontal

*Autor de correspondencia: Instituto de Neuroetología, Av. Dr. Luis Castelazo Industrial de las Ánimas, Rubi Ánimas, C.P. 91190, Xalapa-Enríquez, Ver., México. Correo: icibrian@uv.mx icibrian@uv.mx

ABSTRACT

For years, people have devoted themselves to studying the human brain and the brains of other species to understand how it is organized. It is important for teachers to think with their students about the role that each living thing plays in each habitat, and furthermore, to recognize that each living thing performs different functions and has abilities, structures, and forms that make it unique. It is necessary to stimulate interest in classrooms for a deeper knowledge of living things, to analyze the cognitive and behavioral response processes of different species such as dogs, cats, chickens, rabbits, etc. in the face of different stimuli, to identify ways of thinking and/or acting, and to relate them to humans. The purpose of this text is to illustrate that brain differences should not be taken as superiority, but that it would be appropriate to start from the assumption that each species has the brain it needs. According to this logic, then, it is more accurate to classify ourselves as a different species from the others and to leave aside the labels that indicate human superiority and the inferiority of the other animals. In particular, the differences should be taken as a starting point to ask ourselves what makes our brain different? And perhaps some answers to this question will allow us to learn a little about what makes us human?

KEYWORDS: brain, evolution, encephalization quotient, prefrontal cortex.

INTRODUCCIÓN

La innovación en educación significa resolver un problema real de una manera nueva y sencilla para promover un aprendizaje equitativo. La innovación en educación hace coincidir la escala de la solución con la escala del desafío. La innovación educativa es una logro y capacidad humana que no sería posible sin nuestro sistema nervioso, el cual llamamos comúnmente cerebro. Nuestro cerebro es la base de toda nuestra inteligencia, pensamientos, memorias, personalidad, sentimientos, en fin, de todo aquello que nos hace ser las personas que somos, y es la base de las habilidades necesarias para la educación, el desarrollo de tecnología, al igual que de nuestras creaciones artísticas.

DESARROLLO

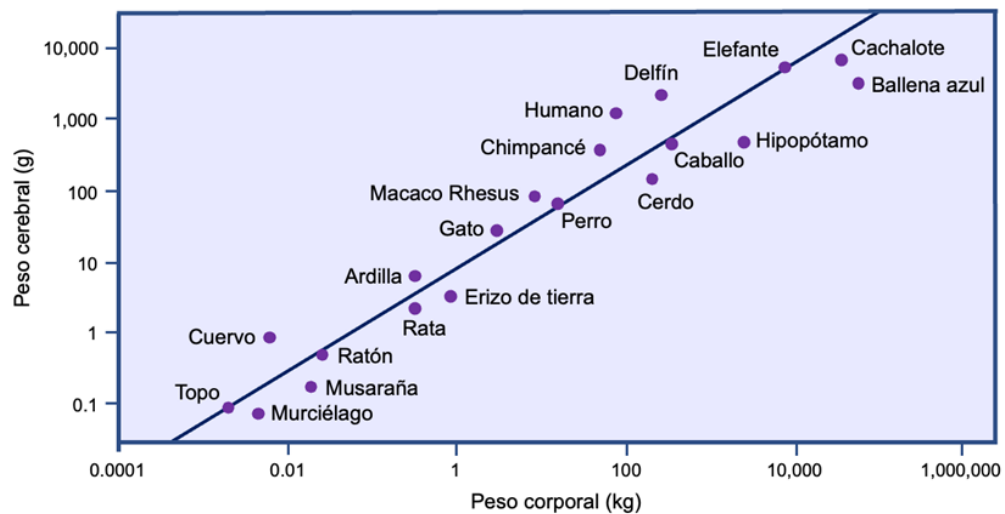
Para comenzar a entender a los diferentes cerebros debemos partir desde una perspectiva evolutiva. La evolución es definida por la Sociedad Chilena de Evolución (SOCEVOL, 2022) como un proceso de cambios acumulados que tienen como resultado la aparición de características particulares en los organismos, las cuales

les permiten adaptarse a su entorno. Por ejemplo, los búhos y los gatos son capaces de ver en la oscuridad, habilidad que aprovechan para poder cazar por la noche; las aves y algunos insectos poseen alas, lo que les permite volar y desplazarse a grandes distancias en tiempos cortos. Todas estas características son producto de años y años de cambios que se han acumulado, en algunos casos rápidamente, mientras que en otros el proceso ha sido más lento. En este sentido el cerebro humano y el de otras especies animales poseen características particulares que son el resultado de la evolución y responden a las exigencias y necesidades que enfrentan en su hábitat, pero conservando aún múltiples características en común. Algo que ha impactado a los científicos desde las primeras investigaciones es el tamaño que tiene nuestro cerebro al compararlo con el cerebro de otros. Para que esta comparación sea justa y tenga sentido no se toma en cuenta el peso total de toda la masa cerebral, ya que el tamaño del cerebro está relacionado con el tamaño del cuerpo, por lo que animales de mayores tamaños tienen cerebros proporcionalmente más grandes. Para evitar este problema Harry Jerison propuso una medida que se calcula a partir del peso total del animal y el peso de su cerebro, el número que se obtiene es llamado coeficiente o índice de encefalización (Peña Herrera Aguirre et al., 2017).

Este coeficiente de encefalización determina si el tamaño del cerebro es el esperado, dado el tamaño corporal de cada especie. La Figura 1 muestra la distribución de los coeficientes de encefalización calculados para diferentes especies. Es importante destacar que los puntos que caen en la línea indican que el peso cerebral es acorde a su peso corporal, mientras que un punto por debajo de la línea indicaría un cerebro de menor peso al esperado debido al peso de su cuerpo. De manera inversa los puntos por arriba de la línea indican que el peso del cerebro es mayor a lo esperado por el peso del cuerpo.

FIGURA 1

Coeficiente de encefalización de diferentes especies



NOTA: La línea indica la tendencia general del cerebro a aumentar de peso en relación con el tamaño del cuerpo. Los puntos representan los índices calculados para diferentes especies de animales (Basado en van Dongen, 1998).

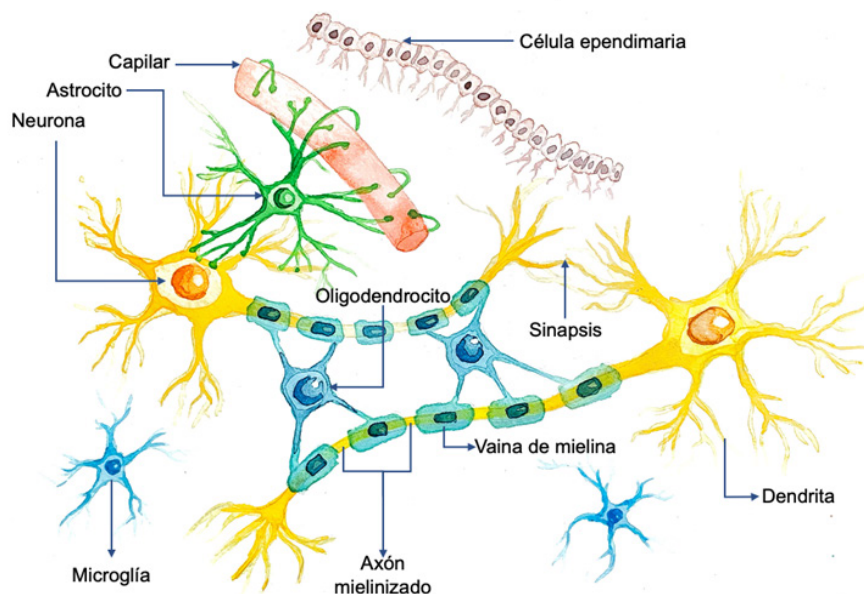
La figura muestra claramente que el peso del cerebro humano (el cual pesa 1.5 kg aproximadamente) se encuentra por encima de lo esperado para su peso corporal, dicho coeficiente contrasta con el que poseen los ratones, los hipopótamos y las ballenas los cuales cuentan con coeficientes de encefalización por debajo de lo esperado dado su peso corporal. Los humanos no son los únicos con cerebros relativamente pesados, en esta lista también podemos incluir otros primates, como los chimpancés, los delfines y aves como los cuervos, por mencionar solo algunos ejemplos. Por muchos años consideramos que el tener un cerebro más pesado implicaba una mayor capacidad para procesar información del ambiente, de tal forma que los humanos, al igual que los animales con coeficiente por arriba de lo esperado, deberían ser capaces de realizar más tareas al mismo tiempo o solucionar los problemas de su entorno en menor tiempo. Estas interpretaciones llevaron a muchas personas a suponer que animales con coeficientes de encefalización por debajo de lo esperado se encontraban en desventaja.

Ahora sabemos que esto no ocurre así y para entenderlo debemos saber cómo está organizado y cómo funciona el cerebro. Todos los cerebros están constituidos por dos tipos de células especializadas llamadas neuronas y neuroglías (Figura 2). Ambas células cumplen funciones diferentes, siendo las neuronas las encargadas de procesar y transmitir información a través de un proceso llamado sinapsis. Por su parte las neuroglías facilitan el trabajo de las neuronas creando condiciones para la sinapsis, nutriéndolas, eliminando desechos y residuos, además de realizar procesos de defensa biológica (Portellano, 2005).

Estas células nerviosas se organizan en capas, que llamamos cortezas cerebrales y en algunas de estas cortezas se forman áreas o regiones con funciones particulares. Las áreas a su vez se comunican con otras por medio de redes de interacción, lo que da como resultados la conducta de los animales y les permite satisfacer las necesidades propias de cada especie.

FIGURA 2

Coeficiente de encefalización de diferentes especies



NOTA: La ilustración muestra en amarillo a las neuronas, mientras que los diferentes tipos de neuroglías aparecen en otros colores (azul, verde y rosa). Ilustración en acuarela cortesía de José de Jesús Dorantes Badillo.

Estas células pueden presentar diferencias y no necesariamente un cerebro con un índice de encefalización por debajo de lo esperado tiene una menor cantidad de células (Herculano-Houzel, 2014). Cerebros de menor peso, pueden tener células nerviosas más pequeñas, lo que permite hacer un uso eficiente del espacio. Un ejemplo de este fenómeno lo encontramos en uno de los animales de compañía más comunes, el gato doméstico, el cual posee aproximadamente la misma cantidad de neuronas en su cerebro que a su vez, es 10 veces más liviano que el cerebro de un oso negro (Jardim-Messeder et al, 2017). Los cerebros livianos pueden optar por aumentar la cantidad de sinapsis si no son capaces de contar con células nerviosas más pequeñas. Esta estrategia aumenta la comunicación en un área y mejora sustancialmente las funciones cognitivas a las que está asociada (Harris y Littleton, 2015).

Además de resolver el problema del peso con estas estrategias, los cerebros también pueden organizarse en áreas especializadas con funciones específicas,

las cuales están íntimamente ligadas al ambiente y las necesidades de cada especie. Para ejemplificar esto pensemos en un caso hipotético de las actividades que debemos realizar en un día en la escuela. Imaginemos que necesitamos despertarnos temprano, preparar nuestra mochila, llevar nuestro lunch, llegar a tiempo a nuestras clases y al salir, preparar la tarea para el día siguiente. Para poder ejecutar este itinerario en tiempo y forma dos funciones son esenciales, la planeación y el monitoreo, de nuestros comportamientos (Takeuchi et al., 2013). La región a cargo de estas funciones es la corteza prefrontal (CPF), la cual se ubica en la parte más superficial de nuestro cerebro hacia nuestra frente y arriba de nuestros ojos (lóbulo frontal). Esta ocupa casi una tercera parte de nuestra corteza cerebral, como se muestra en la Figura 3A y 3B. Esta región cerebral es responsable de los procesos cognitivos más complejos en nosotros, las llamadas meta funciones (metamemoria, comprensión del sentido figurado, actitud abstracta), funciones ejecutivas, memoria de trabajo e incluso funciones básicas (control inhibitorio, seguimiento de reglas y procesamiento riesgo-beneficio).

FIGURA 3
Corteza prefrontal



NOTA: Vista lateral marcando en color azul la ubicación de la corteza prefrontal. B) Plano sagital que muestra la parte interna del cerebro. En azul se aprecia la corteza prefrontal. Ilustración en acuarela cortesía de José de Jesús Dorantes Badillo.

La CPF también integra la información que recibe de nuestros sentidos, regula nuestras emociones, la producción de hormonas, además de nuestros movimientos, en pocas palabras, es fundamental para gestionar toda la información que nosotros

percibimos del medio, por lo que es considerada un área de asociación multimodal. Pero no solo se encarga de recibir, también envía información a regiones relacionadas con el procesamiento de estímulos, siendo también la que da la indicación de atender de forma selectiva a un estímulo o evento de interés (Ustárroz et al., 2012). Hasta aquí nuestra descripción podría implicar que la CPF es exclusivamente humana, sin embargo, diversos estudios anatómicos, sobre el tipo de células y de la conectividad de esta área, nos ha permitido identificar la presencia de CPFs en diferentes especies de mamíferos, lo que ha llevado a los investigadores a considerarla como una estructura presente, probablemente, en todos los mamíferos (Kolb, 2010). Sin embargo, una comparación del tamaño de esta área en nuestros parientes más cercanos, los primates, ha mostrado que la CPF humana tiene un tamaño relativo mayor (Donahue et al., 2018). Esto de nuevo no implica que las habilidades que dependen de la CPF sean mejores en los humanos, la única implicación es que las CPF de otros animales requieren ese tamaño para desplegar las habilidades cognitivas necesarias para las exigencias en el entorno natural de cada especie (Barton & Venditti, 2013).

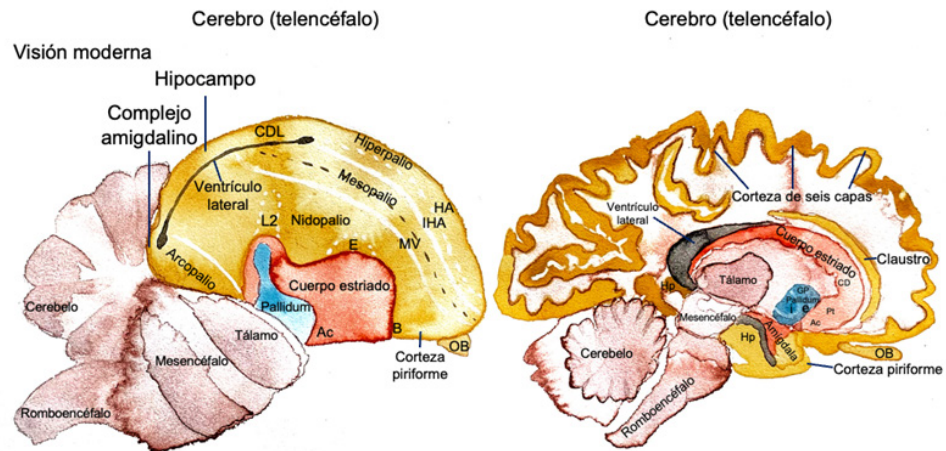
Otros animales muestran organizaciones cerebrales diferentes a la de los mamíferos, pero esta extraordinaria organización es capaz de realizar las mismas funciones que observamos en los cerebros de mamíferos. Ejemplos de organizaciones cerebrales diferentes a la humana, los podemos observar en las aves; los estudios en los cerebros de este grupo de animales nos han demostrado que las aves son capaces de proezas conductuales y cognitivas que durante muchos años consideramos exclusivamente humanas (Emery, 2006). A diferencia de los mamíferos las aves no poseen cortezas, sin embargo, su cerebro cuenta con estructuras denominadas palios, las cuales realizan las mismas funciones que observamos en las cortezas de mamíferos (Nomura & Izawa, 2017). A este fenómeno, lo denominamos analogía evolutiva y se refiere a regiones anatómicas en dos especies que tienen la misma función, pero cuyo origen no es el mismo. Los mamíferos y las aves no tienen un origen evolutivo común cercano, de hecho, el pariente más cercano entre aves y mamíferos se extinguió hace ya varios millones de años, por lo que no podemos considerar que la raíz de la organización cerebral de las aves y los mamíferos tenga un origen común, es más probable que la organización de ambos cerebros sea similar dado que los problemas que enfrentaron fueron y son similares (Roth, 2015).

Dentro de los palios de las aves el Nidopalio Caudolateral (NCL) es considerado como la región análoga a la CPF de los mamíferos, ya que su organización celular, conectividad y las funciones en las que participa son similares a las de la CPF

(Güntürkün, 2005; Striedter, 2013). Las aves al igual que los mamíferos, son capaces de expresar funciones cognitivas complejas, las cuales se han relacionado con el NCL, incluso algunas especies de aves son capaces de realizar una de las actividades más sorprendentes del mundo animal, usar herramientas (Striedter, 2013).

FIGURA 4

Formas de los cerebros de aves y humanos



NOTA: En color amarillo se muestra la corteza cerebral y los palios de las aves. En rojo se muestra el NCL (Basado en Jarvis, 2009). Ilustración en acuarela cortesía de José de Jesús Dorantes Badillo.

El uso de herramientas es una actividad cognitivamente compleja, ya que se le considera una conducta dirigida a cumplir una meta, para ello se requieren de funciones y procesos como: Control motriz fino, capacidad de planeación y flexibilidad conductual (Vaesen, 2012).

Dados estos requisitos son pocas las especies animales, además de los humanos, capaces de fabricar y usar de forma diestra diferentes objetos como herramientas. En los primates existen ejemplos de chimpancés usando ramas para extraer termitas de sus nidos o monos capuchinos usando rocas para poder extraer nueces de su cubierta rígida (Figura 5A).

En el caso de las aves, los cuervos de nueva caledonia son capaces de fabricar ganchos largos que pueden emplear para extraer larvas dentro de troncos (Figura 5B) o cacaúas capaces de astillar pedazos de madera y usarlos como una extensión de su cuerpo para acercar comida a sus encierros (Figura 5C).

Varios estudios en primates y humanos han mostrado la participación de la CPF en el uso de herramientas, que van desde el control motriz, la organización

de una secuencia de movimientos, planeación, etc. Desafortunadamente no hay evidencia directa sobre la forma en que trabaja en cerebro de las aves para hacer uso eficiente de herramientas, debido a que las técnicas empleadas para este tipo de estudios implicarían sacrificar a ejemplares, lo cual está prohibido ya que cuentan con protección al ser una especie amenazada por las actividades humanas en su hábitat natural. Lo que si conocemos es que el cerebro de animales capaces de usar herramientas presenta CPF de mayores tamaños, algo que se ha observado en los cerebros de las aves que usan herramientas (Striedter, 2013).

FIGURA 5

Uso de herramientas en diferentes especies animales



NOTA: A) Monos capuchino ([Fotografía por Monique Bastos), B) Cuervo de Nueva Caledonia ([Fotografía por Mick Sibley) y C) Cacatúa blanca (Fotografía por Goffin Lab, University of Veterinary Medicine Vienna).

Otra capacidad bastante compleja que creíamos única de los seres humanos es la planeación a futuro, sin embargo, actualmente se conocen a aves de la familia de los cuervos que poseen una memoria episódica que les permite recordar dónde, cuándo y que tipo de alimento han almacenado para consumirlo más adelante. Pero no solo eso, esta capacidad también les permite dar prioridad a los alimentos que escondieron tomando en cuenta cuándo se echarán a perder y por lo tanto dejarán de ser comestibles, esta habilidad que han desarrollado les permite planear desde un futuro inmediato, de horas a días, como uno a largo plazo, considerando el cambio estacional.

Así mismo, esta especie previene el riesgo de que otros roben lo que ha ocultado seleccionando lugares que disminuyan la probabilidad de que sea encontrado fácilmente y se ha reportado que esto solo lo hacen cuando notan que están siendo observados (Clayton et al., 2003).

La CPF en los humanos también participa en otras actividades complejas, como el lenguaje, estudios recientes han demostrado que diversas regiones de la CPF participan en su comprensión, particularmente en la del lenguaje figurado (Jiang, 2018). De forma análoga en las aves cantoras, diversas regiones del palio participan en la ejecución del canto y en su aprendizaje, una de las cuales es el NCL (Harding, 2004).

Además de compartir diferentes áreas y funciones, los cerebros de los humanos y las aves comparten estrategias de desarrollo similares. Los humanos nacemos con un cerebro de menor tamaño y con conexiones muy elementales, por lo que una gran parte del desarrollo ocurre después del nacimiento, se especializa en la adolescencia y se extiende hasta los primeros años de la adultez humana (20 a 25 años), todas esas conexiones serán necesarias para el desempeño escolar. La CPF es la última región en desarrollarse, por lo que las funciones cognitivas asociadas a ella también se desplegarán a su total capacidad en la adultez temprana (Rivkin, 2000).

En las aves observamos patrones de desarrollo del cerebro similares, principalmente en aves con vidas largas y con altos niveles de sociabilidad, donde los palios son los últimos en desarrollarse. Particularmente en el caso de las aves cantoras las áreas encargadas del procesamiento auditivo y la producción del canto se establecen completamente en la adultez, lo que correlaciona también con la madurez sexual (Harding, 2004).

Siguiendo esta línea podemos mencionar que incluso en los peces, se han reportado regiones en su cerebro que realizan funciones similares a las encontradas en el cerebro humano. Los peces poseen una región análoga al hipocampo humano, la cual es el palio telencefálico lateral. Esta área participa en el aprendizaje espacial y la memoria, las cuales son capacidades primordiales para el ámbito escolar. Así mismo otra región, el palio medial, es análoga a nuestra amígdala, lo que implicaría que son regiones de procesamiento emocional. En este sentido los paralelismos hallados nos sugieren que estos sistemas cognitivos podrían haber aparecido temprano durante la evolución de los vertebrados, conservándose a través de la historia evolutiva (Salas et al., 2006).

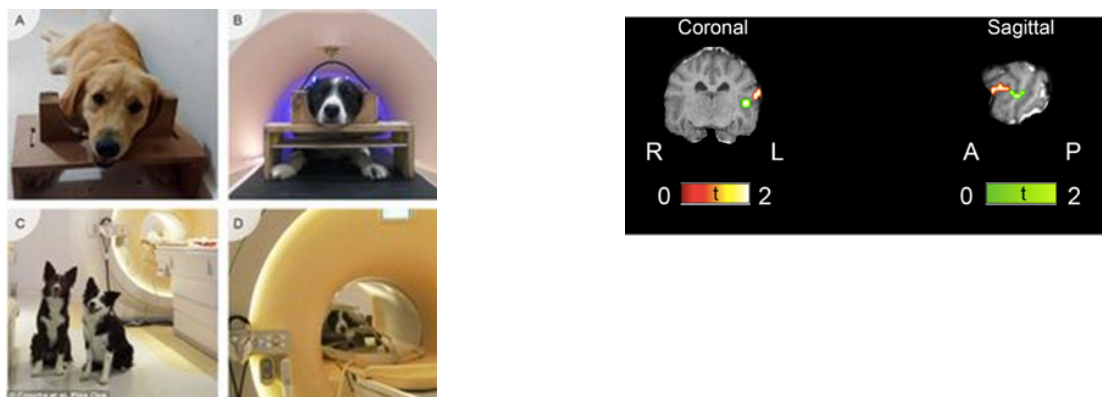
Dado que el desarrollo es importante para que algunas funciones cognitivas alcancen su madurez, los investigadores han planteado que la interacción con los conspecíficos es importante en el desarrollo del cerebro, pero también abre la pregunta ¿Qué pasa con el cerebro de animales que tienen poca interacción con sus congéneres, como nuestras mascotas? A diferencia de las especies silvestres, muchas mascotas conviven muy poco con sus conespecíficos, particularmente los perros pueden llegar a convivir entre dos a seis meses con su madre y los miembros de su camada, después de esto la interacción con los humanos, es más alta y en ocasiones es la única especie con la que cohabitan.

Dadas estas condiciones de crianza, la historia de domesticación y la cruce selectiva para realizar diferentes trabajos, los investigadores se han interesado en conocer si el cerebro de los perros responde diferencialmente a nosotros. Mucho del interés en conocer el cerebro de los perros, comenzó con estudios que mostraban que los perros siguen señales de los humanos, algo que los primates no pueden lograr sin ser entrenados extensivamente (Kirchhofer et al., 2012). Otra evidencia viene de los estudios sobre aprendizaje de nombres de objetos, particularmente los border collies pueden adjudicar un nuevo nombre que nunca habían oído a un objeto nuevo con el que jamás habían interactuado, un proceso llamado aprendizaje por exclusión el cual se consideró por muchos años una habilidad exclusiva de los humanos (Markman, y Abelev, 2004) Investigar el cerebro de los perros en acción impone un gran reto técnico, ¿cómo medimos la actividad de sus cerebros en tiempo real? En los humanos empleamos un dispositivo llamado resonador magnético, para obtener evidencia en tercera dimensión de nuestro cerebro. A este aparato podemos agregarle una computadora u otros dispositivos que permitan estimular el cerebro para medir el flujo sanguíneo y así poder determinar las áreas que trabajan en diferentes tareas cognitivas (Morrison y Knowlton, 2012). Para hacer esto con los perros es necesario entrenarlos previamente a entrar el resonador y que se mantengan tranquilos, además del entrenamiento necesario para presentar estímulos sin que esto altere su posición en el resonador (Figura 6A).

Estudios mediante resonancia magnética funcional han mostrado que los perros poseen áreas específicas para el procesamiento de caras de perros (ACP) y caras de humanos (ACH). Estas áreas se localizan en su lóbulo temporal izquierdo y son equivalentes a áreas del cerebro humano encargadas del reconocimiento de rostros también; ACP sería el equivalente anatómico del giro temporal superior, mientras que el ACH sería equivalente al área fusiforme humana (Figura 6B; Thompkins et al., 2018).

FIGURA 6

Perros en estudios neurocientíficos



NOTA: A) perros entrenados para permanecer en un resonador magnético (modificado de Cuayá et al., 2016) y B) áreas que procesan información de rostros (Rojo a perros y verde a humanos, modificado de Thompkins et al., 2018).

Un estudio reciente muestra que los perros son capaces de distinguir, si los sonidos producidos por los humanos son palabras, ya que la corteza auditiva se activa ante la presencia de palabras y no ante vocalizaciones y sonidos humanos. Un descubrimiento muy interesante de este estudio fue que los perros además son capaces de reconocer si las palabras emitidas pertenecen a diferentes idiomas ya que la actividad en la corteza auditiva secundaria y el giro precentral fue diferente ante un idioma conocido y uno desconocido (Cuaya et al., 2022),

por lo que el procesamiento de lenguaje se encuentra un equivalente con el área de Wernicke en humanos, la cual se encarga de las asociaciones lingüísticas. La conducta prosocial, es otra habilidad que se ha estudiado en perros, pues también presentan comportamientos empáticos como puede ser el contagio emocional hacia nosotros los humanos, lo que lo lleva a desplegar una respuesta ante el llanto de bebés humanos (Yong y Ruffman, 2014).

En este sentido, la continuidad evolutiva sugiere que el circuito de recompensa, el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, que media la respuesta de estrés y los mecanismos de neuronas espejo se han conservado en los cerebros de los mamíferos, un ejemplo de ello se ha reportado por medio de estudios con resonancia magnética funcional donde se demuestra que existen patrones de activación cerebral similares en perros y humanos en circuitos de recompensa al observar a quien tiene un vínculo emocional positivo con ellos (Berns et al., 2012), además, se ha encontrado que la conducta de mirarse a los ojos entre perro-humano aumenta las concentraciones de oxitocina en ambos, la cual es una hormona importante para crear vínculos y por lo tanto apego social (Nagasawa et al, 2015).

Una región cerebral importante para la expresión de conductas sociales y en particular para la expresión de un interés por otro individuo, se llama neuronas espejo. Esta región debe su nombre a que neuronas localizadas en el lóbulo frontal y parietal, se activan al ver a un individuo realizar alguna actividad, como si el individuo observando la actividad la estuviera realizando, provocando que en ocasiones el observador realice la misma acción (Keysers, 2009), lo cual es la base de cómo entendemos la conducta de otros seres humanos, lo que hacemos es simularla en nuestro cerebro, activando las mismas áreas cerebrales cómo si la estuviéramos realizando cuándo sólo la observamos.

Las neuronas espejo juegan un papel importante en procesos como la empatía, la cual es la capacidad de ponerse en el lugar del otro. En los perros no está confirmada, sin embargo, se ha reportado en ellos el contagio del bostezo, un comportamiento que inicia cuando observan a su dueño bostezar (Joly-Mascheroni et al., 2008), dicha conducta estaría bajo el control de las neuronas espejo por lo que sería una demostración indirecta de su presencia en los perros. Que los animales tengan cerebros similares también tiene sus desventajas, sobre todo cuando el cerebro no funciona correctamente como consecuencia de una enfermedad neurodegenerativa o por una lesión. En ambos casos los trastornos y disfunciones observados también serán similares a los que observamos en los humanos. Un ejemplo de estas condiciones es el Síndrome de Disfunción Cognitiva (SDC), una enfermedad neurodegenerativa que se presenta principalmente en ejemplares geriátricos y cuyo equivalente humano es la enfermedad de Alzheimer. Perros y gatos viejos diagnosticados con esta condición muestran una reducción de su lóbulo temporal, el ensanchamiento de los ventrículos cerebrales, pérdida y daño en las neuronas; y en algunos casos microhemorragias cerebrales (Landsberg et al., 2012).

Estos daños en el cerebro no son letales, pero incapacitan a los ejemplares. Los perros y gatos con SDC muestran desorientación, cambios de conducta repentinos y en algunos casos agresión a su dueños y conocidos (como si estos fueran unos desconocidos para ellos). Otros signos clínicos incluyen la disminución de sus capacidades de memoria, su capacidad de aprendizaje, atención y orientación (Landsberg et al., 2012).

Por su parte las lesiones en la CPF pueden generar diferentes cambios y disfunciones cognitivas. Elkhonon Goldberg describió el caso de un hombre que a sus 27 años sufrió una lesión en la cabeza producto de un golpe con un tren. La lesión requirió una cirugía donde se removieron parte de sus lóbulos frontales. Goldberg explica que el paciente presentó movimientos lentos y daba la sensación de que era necesaria una fuerza externa para ponerlo en acción, detenerlo o cambiar su curso. El paciente ignoraba instrucciones y solo llevaba a cabo una actividad si se le ayudaba con un “empujón”, tomándole la mano o iniciando con él la tarea (Goldberg, 2004).

Otra característica de este paciente era su llamada “inercia inversa”, la cual se manifestaba en una tarea en la que se le pidió recordar un par de párrafos de un cuento para posteriormente contarlos, lo curioso es que al relatar la historia él no veía final y continuaba el relato inventando más y más detalles, a pesar de la indicación de detenerse.

Estudios en macacos que han sufrido una lesión de la CPF muestran conductas similares a las expresadas por el paciente de Goldberg. Los macacos eran incapaces de aprender una secuencia de comportamientos, de abstraer información de un estímulo, además de tener afectaciones generales en la atención, la memoria y el autocontrol (Moore et al., 2009). En roedores, también existen reportes sobre lesiones en corteza prefrontal medial e hipocampo que producen un deterioro significativo en el desempeño de la memoria de trabajo (Yoon et al., 2008).

CONCLUSIONES

En conclusión, el cerebro es una estructura compleja encargada del correcto funcionamiento cognitivo en los humanos y en otros animales. Cada especie muestra características particulares, como el tamaño, el tipo de organización de sus células y la cantidad de conexiones que establecen. Dicha arquitectura anatómica y funcionales un reflejo y una adaptación de las necesidades de cada especie. Juzgar a los animales por estas características es ilógico, ya que incluso cerebros de pequeños, como el cerebro de los cuervos, son capaces de proezas cognitivas extraordinarias como el uso de herramientas. Entender que los animales, incluidos nosotros los humanos, poseemos el cerebro que necesitamos, debe servirnos para valorar el papel que juega el cerebro y debería motivarnos a cuidarlo, para extender su correcto funcionamiento por el mayor tiempo posible. El compartir tantas características con otros animales, ha sido ventajoso para nosotros y nuestro interés por conocer al sistema nervioso. Estas similitudes son la base para todos nuestros desarrollos clínicos. Comprender que poseemos el cerebro que necesitamos nos debe hacer más humildes, ya que nos hace entender que todos los organismos son únicos y extraordinarios, por lo que cualquier diferencia solo debe ser usada para eso, diferenciarnos, y no para ordenarnos en una escala arbitraria, donde injustificadamente nos hemos colocado en el primer puesto. Estamos en el momento justo para cambiar nuestras actitudes, y mejorar nuestro futuro conviviendo de formas más ética con todos los seres que nos rodean.

REFERENCIAS

- Barton, R. A., y Venditti, C.** (2013). Human frontal lobes are not relatively large. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(22), 9001–9006. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1215723110>
- Berns, G. S., Brooks, A. M., y Spivak, M.** (2012). Functional MRI in Awake Unrestrained Dogs. *PLoS ONE*, 7(5), e38027. DOI: [doi:10.1371/journal.pone.00380](https://doi.org/10.1371/journal.pone.00380)

- Brenowitz, E. A., y Larson, T. A.** (2015). Neurogenesis in the Adult Avian Song-Control System. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 7(6), a019000. DOI: <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a019000>
- Clayton, N. S., Bussey, T. J., y Dickinson, A.** (2003). Can animals recall the past and plan for the future? *Nature Reviews Neuroscience*, 4(8), 685–691. DOI: [doi:10.1038/nrn1180](https://doi.org/10.1038/nrn1180)
- Cuaya, L. V, Hernández-Pérez, R., Boros, M., Deme, A., & Andics, A.** (2022). Speech naturalness detection and language representation in the dog brain. *NeuroImage*, 248(October 2021), 118811. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118811>
- Donahue, C. J., Glasser, M. F., Preuss, T. M., Rilling, J. K., y Van Essen, D. C.** (2018). Quantitative assessment of prefrontal cortex in humans relative to nonhuman primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(22), E5183–E5192. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1721653115>
- Emery, N. J.** (2006). Cognitive ornithology: the evolution of avian intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 361(1465), 23–43. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1736>
- Goldberg, E.** (2004). *El cerebro ejecutivo: Los lóbulos frontales y mente civilizada* (2a. ed.). Barcelona: Crítica.
- Güntürkün, O.** (2005). The avian ‘ prefrontal cortex ’ and cognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 15, 686–693. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.10.003>
- Harding, C. F.** (2004). Learning from Bird Brains: How the Study of Songbird Brains Revolutionized Neuroscience. *Lab Animal*, 33(5), 28–33. DOI: <https://doi.org/10.1038/labon0504-28>
- Harris, K. P., y Littleton, J. T.** (2015). Transmission, Development, and Plasticity of Synapses. *Genetics*, 201(2), 345–375. DOI: <https://doi.org/10.1534/genetics.115.176529>
- Herculano-Houzel, S.** (2014). The glia/neuron ratio: How it varies uniformly across brain structures and species and what that means for brain physiology and evolution. *Glia*, 62(9), 1377–1391. DOI: <https://doi.org/10.1002/glia.22683>
- Jardim-Messeder, D., Lambert, K., Noctor, S., Pestana, F. M., de Castro Leal, M. E., Bertelsen, M. F., Alagaili, A. N., Mohammad, O. B., Manger, P. R., y Herculano-Houzel, S.** (2017). Dogs have the most neurons, though not the largest brain: Trade-off between body mass and number of neurons in the cerebral cortex of large carnivoran species. *Frontiers in Neuroanatomy*, 11(December), 1–18. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnana.2017.00118>

- Jarvis, E. D. (2009). Bird Brain: Evolution. In *Encyclopedia of Neuroscience* (pp. 209–215). Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.00934-7>
- Jiang, X. (2018). Prefrontal Cortex: Role in Language Communication during Social Interaction. In *Prefrontal Cortex* (Vol. 32, pp. 137–144). InTech. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.79255>
- Joly-Mascheroni, R. M., Senju, A., y Shepherd, A. J. (2008). Dogs catch human yawns. *Biology Letters*, 4(5), 446–448. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2008.0333>
- Keysers, C. (2009). Quick guide mirror neurons. *Current Biology*, 19(21), 971–973. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.08.026>
- Kirchhofer, K. C., Zimmermann, F., Kaminski, J., y Tomasello, M. (2012). Dogs (*Canis familiaris*), but Not Chimpanzees (*Pan troglodytes*), Understand Imperative Pointing. *PLoS ONE*, 7(2), e30913. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030913>
- Kolb, B. (2007). Do all mammals have a prefrontal cortex? In *Evolution of Nervous Systems* (Vol. 3, Issue January 2010, pp. 443–450). <https://doi.org/10.1016/B0-12-370878-8/00081-1>
- Landsberg, G. M., Nichol, J., y Araujo, J. A. (2012). Cognitive Dysfunction Syndrome. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 42(4), 749–768. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2012.04.003>
- Markman, E. M., y Abelev, M. (2004). Word learning in dogs? *Trends in Cognitive Sciences*, 8(11), 479–481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.09.007>
- Moore, T. L., Schettler, S. P., Killiany, R. J., Rosene, D. L., y Moss, M. B. (2009). Effects on executive function following damage to the prefrontal cortex in the rhesus monkey (*Macaca mulatta*). *Behavioral Neuroscience*, 123(2), 231–241. DOI: <https://doi.org/10.1037/a0014723>
- Morrison, R. G., y Knowlton, B. J. (2012). Neurocognitive Methods in Higher Cognition. *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning*, May 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199734689.013.0006>
- Nagasawa, M., Mitsui, S., En, S., Ohtani, N., Ohta, M., Sakuma, Y., ... Kikusui, T. (2015). Oxytocin-gaze positive loop and the coevolution of human-dog bonds. *Science*, 348(6232), 333–336. DOI: [doi:10.1126/science.1261022](https://doi.org/10.1126/science.1261022)
- Nomura, T., y Izawa, E.-I. (2017). Avian brains: Insights from development, behaviors and evolution. *Development, Growth & Differentiation*, 59(4), 244–257. DOI: <https://doi.org/10.1111/dgd.12362>
- Peña Herrera Aguirre, M., of Menie, M. A., y Fernandes, H. B. F. (2017). Relative Brain Size, Encephalization Quotient. In T. K. Shackelford & V. A. Weekes-

Shackelford (Eds.), *Encyclopedia of Evolutionary Psychological Science* (pp. 1–3). Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-16999-6_3098-1

- Rivkin, M. J. (2000). Developmental neuroimaging of children using magnetic resonance techniques. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 6(1), 68-80.
- Roth, G. (2015). Convergent evolution of complex brains and high intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1684), 20150049–20150049. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0049>
- Salas, C., Broglio, C., Durán, E., Gómez, A., Ocana, F. M., Jimenez-Moya, F., y Rodríguez, F. (2006). Neuropsychology of learning and memory in teleost fish. *Zebrafish*, 3(2), 157-171. DOI: <https://doi.org/10.1089/zeb.2006.3.157>
- Silva, K., y de Sousa, L. (2011). “Canis empathicus”? A proposal on dogs’ capacity to empathize with humans. *Biology Letters*, 7(4), 489–492. DOI: [doi:10.1098/rsbl.2011.0083](https://doi.org/10.1098/rsbl.2011.0083)
- Smaers, J. B., Gómez-Robles, A., Parks, A. N., y Sherwood, C. C. (2017). Exceptional Evolutionary Expansion of Prefrontal Cortex in Great Apes and Humans. *Current Biology*, 27(5), 714–720. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.01.020>
- Sociedad Chilena de Evolución (14/02/22). ¿Qué es la evolución? <https://www.socevol.cl/?p=90>
- Striedter, G. F. (2013). Bird Brains and Tool Use: Beyond Instrumental Conditioning. *Brain, Behavior and Evolution*, 82(1), 55–67. DOI: <https://doi.org/10.1159/000352003>
- Takeuchi, H., Taki, Y., Sassa, Y., Hashizume, H., Sekiguchi, A., Fukushima, A., y Kawashima, R. (2013). Brain structures associated with executive functions during everyday events in a non-clinical sample. *Brain Structure and Function*, 218(4), 1017–1032. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00429-012-0444-z>
- Thompkins, A. M., Ramaiahgari, B., Zhao, S., Gotoor, S. S. R., Waggoner, P., Denney, T. S., Deshpande, G., y Katz, J. S. (2018). Separate brain areas for processing human and dog faces as revealed by awake fMRI in dogs (*Canis familiaris*). *Learning & Behavior*, 46(4), 561–573. DOI: <https://doi.org/10.3758/s13420-018-0352-z>
- Ustárroz, J. T., Molina, A. G., Lario, P. L., y García, A. V. (2012). Corteza prefrontal, funciones ejecutivas y regulación de la conducta. *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas*, 87-117.

- Vaesen, K.** (2012). The cognitive bases of human tool use. *Behavioral and Brain Sciences*, 35(4), 203–218. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0140525X11001452>
- Van Dongen, P. A. M.** (1998). Brain size in vertebrates. In R. Nieuwenhuys, H. J. ten Donkelaar, y C. Nicholson (Eds.), *The central nervous system of vertebrates*, Vol. 3 (pp. 2100–2134). Springer-Verlag.
- Yong, M. H., y Ruffman, T.** (2014). Emotional contagion: Dogs and humans show a similar physiological response to human infant crying. *Behavioural processes*, 108, 155-165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2014.10.006>
- Yoon, T., Okada, J., Jung, M. W., y Kim, J. J.** (2008). Prefrontal cortex and hippocampus subserve different components of working memory in rats. *Learning & memory*, 15(3), 97-105. DOI: [doi:10.1101/lm.850808](https://doi.org/10.1101/lm.850808)