

# LA COGNICIÓN EN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS



JOSÉ EDUARDO REYNOSO CRUZ  
LAURA TERESA HERNÁNDEZ SALAZAR  
(coordinadores)



Universidad Veracruzana

Esta obra se encuentra disponible en Acceso Abierto  
para copiarse, distribuirse y transmitirse con propósitos no comerciales.  
Todas las formas de reproducción, adaptación y/o traducción por medios mecánicos  
o electrónicos deberán indicar como fuente de origen a la obra y su(s) autor(es).  
Se debe obtener autorización de la Universidad Veracruzana  
para cualquier uso comercial.  
La persona o institución que distorsione, mutile o modifique el contenido de la obra  
será responsable por las acciones legales que genere e indemnizará  
a la Universidad Veracruzana por cualquier obligación que surja  
conforme a la legislación aplicable.

Encuentra más libros en Acceso Abierto en:

<http://bit.ly/EditorialUVAccesoAbierto>

# LA COGNICIÓN EN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS

Quehacer científico y tecnológico

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

*Martín Gerardo Aguilar Sánchez*

Rector

*Juan Ortiz Escamilla*

Secretario Académico

*Lizbeth Margarita Viveros Cancino*

Secretaria de Administración y Finanzas

*Jaqueline del Carmen Jongitud Zamora*

Secretaria de Desarrollo Institucional

*Agustín del Moral Tejeda*

Director Editorial

# ◀ LA COGNICIÓN EN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS ▶

JOSÉ EDUARDO REYNOSO CRUZ  
LAURA TERESA HERNÁNDEZ SALAZAR  
(COORDINADORES)

UNIVERSIDAD VERACRUZANA  
XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO

2023

Clasificación LC: QL785 C63 2023

Clasif. Dewey: 591.513

Título: La cognición en los sistemas biológicos / José Eduardo Reynoso Cruz, Laura Teresa Hernández Salazar (coordinadores).

Edición: Primera edición.

Pie de imprenta: Xalapa, Veracruz, México : Universidad Veracruzana, Dirección Editorial, 2023.

Descripción física: 137 páginas : ilustraciones ; 26 cm.

Serie: (Quehacer científico y tecnológico)

Nota: Incluye bibliografías.

ISBN: 9786078923229

Materias: Cognición en animales.

Ciencia cognoscitiva.

Sistemas biológicos.

Autores relacionados: Reynoso Cruz, José Eduardo.

Hernández Salazar, Laura Teresa.

DGBUV 2023/38

Primera edición, 23 de junio de 2023

D.R. © Universidad Veracruzana

Dirección Editorial

Nogueira núm. 7, Centro, CP 91000

Xalapa, Veracruz, México

Tel./fax (01228) 8 18 59 80; 8 18 13 8

direccioneditorial@uv.mx

<https://www.uv.mx/editorial>

ISBN: 978-607-8923-22-9

Impreso en México / *Printed in Mexico*

# CONTENIDO

## **Prefacio, 9**

*J. Eduardo Reynoso Cruz, Laura T. Hernández Salazar*

## **.1. DESDE MI BALCÓN: EL MUNDO DESDE OTRO PUNTO DE VISTA, 11**

*Jaime Huidobro Dávila*

## **.2. SIGUIENDO LAS HUELLAS DE LA COGNICIÓN: DESDE AVES HASTA PRIMATES, 19**

*Irma L. Montero-Domínguez, Mauricio A. Núñez-Murrieta, Trilce María  
Fernanda Ortega-Hernández*

## **.3. COGNICIÓN CANINA: DESDE NUESTRO LAZO CON EL LOBO HASTA NUESTROS DÍAS, 39**

*Fabrizio Dell'Anna, Roberto Karim López Hernández, Laura Paola  
Rivera Ortega*

.4. COMPORTARSE CON SENTIDO: LA FUNCIÓN  
DE LOS SISTEMAS SENSORIALES EN PRIMATES  
NO HUMANOS, 51

*Karem Guadalupe Sánchez Solano, Carlos Eduardo Ramírez Torres*

.5. CREENCIAS POPULARES SOBRE COGNICIÓN  
Y EMOCIÓN EN REPTILES, 69

*Mariel Almaguer-Azpeitia*

.6. ENTRE GEA Y MNEMÓSINE, LA HISTORIA  
NO CONTADA: INFLUENCIA DEL AMBIENTE  
SOBRE EL APRENDIZAJE Y LA MEMORIA, 83

*Daniel Salinas Velarde*

.7. LA MEMORIA EN EL MUNDO: ANIMALES,  
PLANTAS Y OTROS ORGANISMOS, 95

*J. Eduardo Reynoso Cruz, Laura T. Hernández Salazar*

.8. MICHIS CAZADORES: IMPLICACIONES  
DE LA MEMORIA Y DEL APRENDIZAJE SOBRE  
LA CONDUCTA DEPREDATORIA DEL GATO  
DOMÉSTICO, 109

*Isac Mella Méndez, Rafael Flores Peredo*

.9. USO DE LA INFORMACIÓN SOCIAL  
EN INSECTOS NO SOCIALES, 119

*Jesús García-Salazar, Mariel Almaguer-Azpeitia*

.10. ¿POR QUÉ AYUDAN LAS RATAS?, 129

*Rodolfo Bernal-Gamboa*



# PREFACIO

La investigación en diferentes organismos, también llamados sistemas biológicos, nos ha llevado poco a poco a considerar y valorar cada vez más el efecto que tienen las habilidades cognitivas en los animales no humanos para la solución de problemas que les impone el ambiente. Esto se ha expresado en los enfoques de investigación que han estado surgiendo respecto a la cognición animal gracias a la creciente cantidad de publicaciones. Anteriormente, los estudios se realizaban únicamente en mamíferos, tales como primates, gatos, roedores, entre otros. Sin embargo, en las últimas décadas han aumentado los trabajos sobre aves, reptiles, arañas e insectos. Gracias a lo anterior, dichas investigaciones nos han permitido entender los procesos que participan en el logro de sus capacidades y la influencia de su entorno, lo que nos permite conocer y proponer nuevas hipótesis sobre el origen y la evolución cognitiva.

Un avance importante en las ciencias cognitivas ha sido el cambio de perceptiva. Esto ha permitido considerar a la cognición no solo como una característica exclusivamente humana sino también como una característica de los sistemas biológicos, en donde se incluyen plantas y organismos unicelulares. Es con énfasis en estas perspectivas que la serie de ensayos presentados en este texto tiene como objetivo presentar parte de los avances que se han ido gestando respecto de los estudios sobre las capacidades cognitivas, generando un interés y estimulando la discusión sobre la información aquí presentada.

Bajo ningún sentido este libro pretende ser extensivo ni en los temas ni en los enfoques, aunque sí espera ser un punto de partida para aquellos que inician su formación dentro de este campo de estudio con el fin de aportar nuevas ideas a los lectores interesados en el tema. Es nuestro interés que esta obra despierte su curiosidad y los impulse, al igual que a nosotros, a conocer más sobre las ciencias cognitivas.

.1.

# DESDE MI BALCÓN: EL MUNDO DESDE OTRO PUNTO DE VISTA

*Jaime Huidobro Dávila*

La vida que veo pasar, claro, es solo esa pequeña porción de vida que pasa bajo mi balcón.

NICOLÁS RUIZ

En el departamento donde vivo hay un pequeño balcón que da hacia la calle y donde a veces me detengo unos instantes a mirar lo que pasa afuera. Al estar ubicado en el cuarto piso tengo una vista privilegiada, pues justo enfrente está un árbol de eucalipto; en sus ramas se posan gorriones, colibríes y demás aves. También puedo ver a las personas que caminan en la calle y los autos que circulan por ahí, lo cual ha resultado ser muy útil cuando pasa algún vendedor ambulante, ya que con un grito le puedo pedir que me espere para salir a comprarle. Esto no podría hacerlo si viviera en el departamento de mi vecina, ya que su balcón está en el primer piso y da hacia adentro del condominio. Hace poco, ella me invitó a pasar y lo primero que noté es que todo estaba “al revés”. Su puerta de entrada estaba en el lado derecho, la cocina en el izquierdo, y el balcón apuntaba hacia el lado contrario del mío. Desde este lugar solo se podía ver el estacionamiento y unos botes de basura, por lo que no pude evitar pensar que la vista de mi departamento era mucho más interesante. De pronto, como si supiera lo que yo pensaba, mi vecina me contó que en repetidas ocasiones había visto desde ahí a cacomixtles y mapaches buscando comida en los botes de basura, algo que yo siempre había querido ver, aunque no era posible desde mi balcón.

Días más tarde regresé a su departamento por la noche con la esperanza de poder presenciar a los animalillos hurgando los botes, y entonces me llevé otra agradable sorpresa: descubrí que desde ahí se podía ver claramente cómo salía la luna, cosa que nunca había podido hacer desde mi departamento. Fue únicamente al cambiar mi punto de vista y mirar desde el suyo que logré apreciar la perspectiva única de su balcón.



Figura 1. Cada balcón tiene una perspectiva única y diferente de acuerdo con su ubicación.

Esta metáfora me recuerda la importancia de considerar las diferentes perspectivas para tener un panorama más amplio del mundo que nos rodea. Al estudiar la cognición de otras formas de vida es importante tener esto presente, pues si observamos desde un solo punto, por ejemplo, desde mi balcón, es posible perdernos otras situaciones: conocer el hábitat de otras especies. Es decir, saber cómo es que estas perciben su propio entorno.

## TODO SER VIVO ES PRODUCTO DE SU ENTORNO

Si bien el mundo que perciben otras formas de vida puede ser muy distinto al que nosotros vemos a través de nuestros sentidos, esto no quiere decir que aquellas especies sean “mejores” o “peores”, sino más bien que dada su historia evolutiva particular estarán mejor adaptados a su nicho ecológico. Es a través de sus órganos sensoriales que los organismos reciben y transforman las energías de un mundo complejo en fenómenos fisiológicos mediante el proceso de transducción. Posteriormente, estos impulsos nerviosos adquieren un sentido psicológico y biológico mediante el proceso perceptivo, lo cual les permite adquirir información

relevante sobre los aspectos del mundo que son críticos para su supervivencia (Compitus, 2016).

Dado que el entorno está cambiando continuamente, cada ser vivo posee adaptaciones específicas que le permiten desarrollar su ciclo de vida de manera óptima. Es por ello que para el estudio de la conducta animal es necesario conocer muy bien la biología de la especie estudiada al momento de diseñar los experimentos, ya que las variables seleccionadas dependerán de la relevancia ecológica que estas tengan para el organismo en cuestión, así como de la motivación del mismo para resolver la tarea asignada (Tinbergen, 2006; Rivas y Burghardt, 2002). De no considerar estos factores se corre el riesgo de obtener falsos negativos que nos hagan descartar precipitadamente capacidades cognitivas de otras especies, aun cuando tales resultados pudieran deberse a errores metodológicos por carecer de una validez ecológica adecuada (De Waal, 2016).

## OTROS MUNDOS

Como ya hemos visto, la manera en que se percibe el entorno varía mucho en función de las capacidades sensoriales de cada especie. De ahí que Nikolas Tinbergen (1951) afirmara que lo primero que debemos hacer al iniciar el estudio de una especie consiste en un cuidadoso examen de las capacidades de sus órganos sensoriales, pues de ellos dependerá su arquitectura cognitiva. Esta manera de pensar ya se vislumbraba desde principios del siglo XX, cuando el biólogo y filósofo Jakob von Uexküll mencionó que los animales poseen un punto de vista único al cual denominó *Umwelt* (“mundo circundante”), que correspondería a la manera en que cada organismo percibe el mundo mediante sus capacidades sensoriales (De Waal, 2016). Dado que casi no hay dos especies con idéntica capacidad, cada una percibe tan solo una pequeña fracción de todos los mundos perceptibles posibles. Como decía el filósofo Daniel Dennett (2017): “Cada uno está atrapado dentro de un punto de vista [...] Somos sensibles únicamente a algunas de las características del mundo que nos rodea, y el resto del mundo es indiscernible”.

Es así que podemos encontrar mundos tan diferentes al nuestro; tal es el caso del de las garrapatas. Estas carecen de ojos y únicamente esperan en el tallo de alguna hierba hasta percibir el ácido butírico que emana de la piel de los mamíferos para abalanzarse sobre ellos y, después, guiarse por el calor que irradia su cuerpo hasta el sitio donde podrá succionar la sangre, luego de lo cual ya puede poner sus huevecillos y morir (Alcaraz

Romero, 2015). Quizá esta vida nos parezca demasiado simple para nuestros estándares humanos; sin embargo, eso es todo lo que necesita la garrapata para poder cumplir con su ciclo vital.

Otro mundo más “complejo” es el de los perros, cuyo entorno está formado principalmente por olores debido a la gran sensibilidad de sus receptores olfativos, además de su capacidad de escuchar frecuencias tan altas que son imperceptibles para cualquier ser humano. O bien el caso de las abejas, que son sensibles a la porción ultravioleta del espectro electromagnético (véase la figura 2), lo cual les permite identificar señales en las flores que nosotros no podemos distinguir (Tinbergen, 2006). Todos estos mundos son muy distintos al de nosotros los humanos; sin embargo, hemos podido conocerlos gracias al uso de la tecnología, la cual nos permite detectar aquello que nuestros sentidos son incapaces de percibir. Ante esto nos surge la siguiente pregunta: ¿hasta dónde somos capaces de comprender el *Umwelt* de otras formas de vida?



Figura 2. La manera en que se percibe la flor depende de las capacidades sensoriales de cada especie.

## ¿QUÉ SE SIENTE SER DE OTRA ESPECIE?

De acuerdo con lo que expone Thomas Nagel (1974) en su famoso artículo “What is it Like to be a Bat?”, aunque podríamos imaginarnos cómo sería ser de otra especie, en realidad nunca podremos saber con certeza

lo que siente o percibe esta, pues no hay manera de acceder a su mundo subjetivo. En efecto, esto va más allá de nuestras posibilidades aun con la tecnología actual, ya que aún no se ha logrado dar una explicación definitiva de lo que es la consciencia. Incluso filósofos como David Chalmers argumentan que ni siquiera podemos tener la certeza de que otras personas ajenas a nosotros mismos sean poseedoras de experiencias subjetivas. Esto lo ejemplifica usando el experimento mental del “zombi filosófico”, en el cual este individuo podría ser físicamente idéntico a un humano e incluso comportarse como tal, pero carecer de un punto de vista subjetivo (Chalmers, 1996). Por ejemplo, un zombi filosófico, al pincharse un dedo, tendría las mismas respuestas conductuales y fisiológicas que una persona, pero en realidad no estaría teniendo la experiencia subjetiva del dolor.

Ya desde décadas anteriores, el filósofo austriaco Ludwig Wittgenstein (1953) erigía el mismo muro entre animales y humanos al declarar que “si un león pudiera hablar, no lo entenderíamos”, con lo que nos hace ver que nuestra experiencia del mundo es tan distinta a la del león que no podríamos entender su vida, aunque hablara nuestro idioma (De Waal, 2016). Ante esto, Dennett, en una entrevista realizada por Rothman en 2017, añade que es un gran error tratar de aplicar conceptos humanos a otras especies, pues si un león pudiese hablar, probablemente sí entenderíamos lo que dice, pero este sería tan diferente de los leones normales que en realidad no nos ayudaría a entender nada sobre la vida de estos. Es así que en el estudio de la cognición comparada sería injusto evaluar a otras especies en términos humanos, tal como el lenguaje articulado, pues es algo que no resulta relevante para su mundo. Compararlos sería tanto como si un murciélago evaluara a un ser humano por su capacidad para encontrar insectos en la oscuridad, o como si un perro nos evaluara por nuestra capacidad para seguir el rastro de un olor.

## LA FALSA MEDIDA DEL HOMBRE

Los seres humanos tenemos la tendencia de atribuir propiedades humanas a otras formas de vida, e inclusive a objetos inanimados, tal como se observa en el experimento de Heider y Simmel (1944). En este se presenta una animación con figuras geométricas en movimiento y donde casi la totalidad de los participantes interpretaron los movimientos de estas en términos de acciones de seres animados, atribuyéndoles intenciones y emociones. Este antropomorfismo parece ser una condición inherente

de la cognición social del ser humano para entender y tratar con otras personas; sin embargo, si no somos conscientes de su existencia nos hará llegar a conclusiones erróneas (Rivas y Burghardt, 2002). Esto sucedió a finales del siglo XIX con George J. Romanes, considerado el iniciador de la psicología comparada, quien recibió fuertes críticas en sus investigaciones debido a que gran parte de sus observaciones estaban cargadas de atribuciones antropomórficas y descripciones anecdóticas, lo cual acabó invalidando muchos de sus resultados al no poder comprobarlos científicamente.

A partir de entonces, el antropomorfismo quedó condenado como un error metodológico que debía evitarse y superarse a toda costa para poder considerar en serio el estudio de la psicología comparada. De este modo, el canon de Morgan se convirtió en la regla de oro dentro del estudio de otras especies al citar que “en ningún caso podemos interpretar una acción como el resultado del ejercicio de una facultad psíquica superior, si puede ser interpretada como el resultado del ejercicio de otra que está en un nivel inferior de la escala psicológica”. La consecuencia que esto tuvo en las ciencias de la conducta fue que se dejara de lado todo tipo de deducción subjetiva sobre la vida mental de otras especies por ser considerada como inaccesible y no científica (Scotto, 2015).

No fue sino hasta mediados de la década de los setenta, con el surgimiento de la etología cognitiva, que nuevamente se tendría en cuenta la manera en la que los animales perciben, interpretan y experimentan su mundo. Esto dio paso a reconocer que el antropomorfismo también podría utilizarse como una manera legítima e incluso creativa de formular hipótesis científicas, siempre y cuando se haga de manera consciente y crítica (Rivas y Burghardt, 2002; De Waal, 2016). Este “antropomorfismo crítico” consistiría en el uso de la perspectiva propia para buscar explicaciones del comportamiento animal similares a las de los seres humanos, siempre teniendo en cuenta la historia natural del organismo en cuestión para ser conscientes de las diferencias específicas que nos distinguen de ellos. Con esto se pretende evitar el “antropomorfismo por omisión”, que nos llevaría a interpretar a otras especies solo desde nuestra perspectiva, sin considerar que perciben el mundo de una manera diferente a nosotros (Scotto, 2015).

En conclusión, actualmente existe una nueva visión sobre el estudio de la cognición de otras especies en donde se reconoce que, si bien no podemos acceder a las experiencias subjetivas de otras especies, sí es



posible tener una mejor comprensión de su mundo y pensar en cómo es que estos perciben su entorno (Rivas y Burghardt, 2002).

## REFERENCIAS

- ALCARAZ ROMERO, V. M. (2015). Evolución de los procesos cognoscitivos superiores. En J. Muñoz-Delgado, J. L. Díaz y C. Moreno (eds.), *Genealogía de la mente humana* (pp. 133-135). México: Herder.
- CHALMERS, D. (1996). *La mente consciente: en busca de una teoría fundamental*. Gedisa.
- COMPITUS, K. (2016). An analysis of canine processing of stimulus compounds varying in light and sound intensity. Tesis de maestría. University of New York. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4299.4801>
- DENNETT, D. (20 de marzo de 2017). *Daniel Dennett's Science of the Soul / Entrevistado por Joshua Rothman*. *The New Yorker*. <https://www.newyorker.com/magazine/2017/03/27/daniel-dennetts-science-of-the-soul>
- HEIDER, F. y M. Simmel, (1944). An experimental study of apparent behavior. *The American Journal of Psychology*, 57, 243-259. <https://doi.org/10.2307/1416950>
- NAGEL, T. (1974). What Is It Like to Be a Bat? *The Philosophical Review*, 83(4), 435-450. <https://doi.org/10.2307/2183914>
- RIVAS, J. & Burghardt, G.M. (2002). Crotalomorphism: a metaphor for understanding anthropomorphism by omission. En M. Bekoff, C. Allen, y G. M. Burghardt (eds.), *The cognitive animal: empirical and theoretical perspectives on animal cognition*, pp. 9-17. MIT Press.
- SCOTTO, S. C. (2015). Empatía, antropomorfismo y cognición animal. *Principia: An international journal of epistemology*, 19 (3), 423-452. <http://dx.doi.org/10.5007/1808-1711.2015v19n3p423>
- TINBERGEN, N. (2006). *El estudio del instinto*. 11a. ed. Siglo XXI Editores S.A. de C.V.
- WAAL, F. de (2016). *¿Tenemos suficiente inteligencia para entender la inteligencia de los animales?* Tusquets.



.2.

# SIGUIENDO LAS HUELLAS DE LA COGNICIÓN: DESDE AVES HASTA PRIMATES

*Irma I. Montero Domínguez*

*Mauricio A. Núñez Murrieta*

*Trilce María Fernanda Ortega Hernández*

Nuestras dificultades en entender o efectuar una comunicación con otros animales pueden surgir de nuestra reluctancia para comprender maneras inusuales de lidiar con el mundo.

CARL SAGAN

Se dice que una de las principales características que nos distinguen como humanos del resto de especies animales es la capacidad de razonar la información que recibimos del entorno, de reflexionar todas y cada una de nuestras respuestas a los estímulos que nos generan un comportamiento específico. Dicha capacidad es posible gracias a diferentes procesos, como el aprendizaje, la memoria o las emociones, que en conjunto conforman lo que se conoce como cognición, la que por mucho tiempo se consideró una característica que se presentaba únicamente en el ser humano, pero conforme fueron avanzando los años los científicos se dieron cuenta de que había animales que contaban con facultades similares en mayor o menor medida a las de nosotros.

Han sido muchos los estudios que se dedican a estudiar las capacidades cognitivas de otros animales, pero los que reciben gran atención son aquellos que se realizan en grandes simios: gorilas, chimpancés, bonobos y orangutanes, además de los córvidos (una familia de aves donde se encuentran los cuervos), debido a los resultados obtenidos en pruebas cognitivas realizadas en estos grupos de animales, los cuales sobresalen en comparación con los de otras especies. Por ejemplo, tanto los grandes simios como los córvidos son capaces de utilizar herramientas de la naturaleza para facilitar su obtención de alimento o para relacionarse con los demás individuos de su círculo social (Cruz-Aguilar *et al.*, 2017; Holzhaider *et al.*, 2010). Tales observaciones dieron pie a la formulación de diversas hipótesis respecto al surgimiento de la cognición, siendo una de las más reconocidas la que establece a esta como el resultado de un proceso de convergencia evolutiva (Emery y Clayton, 2004).

Por consiguiente, las disciplinas científicas que estudian la inteligencia animal utilizan el término “cognición animal” para hacer referencia a la manera en que distintos animales reciben información del mundo exterior por medio de sus sistemas sensoriales, es decir, retienen en su memoria esta información, la procesan y, posteriormente, toman una decisión de cómo deben actuar ante a la situación que se les está presentando (Shettleworth, 2001). En otras palabras, la manera en la que los animales no humanos entienden el mundo en el que habitan en términos de representaciones mentales, refiriéndonos al funcionamiento complejo del cerebro frente a las características del entorno de un individuo (Johnson, 2001). Sin embargo, estudiar la cognición en otras especies no ha sido una labor sencilla y ha costado mucho tiempo de investigación, ya que cada especie tiene su propia percepción sensorial, sus representaciones mentales y su propio tipo de comunicación.

Dicho lo anterior, en este capítulo exploraremos algunos de los procesos y mecanismos por medio de los cuales se han abordado los estudios en estas especies; además realizaremos una comparación de las perspectivas específicas de estos con el desarrollo de la cognición humana. Aunque la mente es un fenómeno que no entendemos en su totalidad, el ejercicio de preguntarnos su origen, su alcance, su funcionamiento e incluso la muy probable manifestación de un rasgo equiparable en otros animales son el primer paso para comprender, aunque sea un poco, su esencia tan compleja.

## HIPÓTESIS DE CONVERGENCIA EVOLUTIVA DE LA COGNICIÓN EN GRANDES SIMIOS Y CÓRVIDOS

El criterio para definir la convergencia evolutiva es que esta ocurre entre especies lejanamente relacionadas, teniendo como resultado un rasgo evolutivo que surge independientemente de la filogenia, conformado para la solución de problemas socioecológicos similares (Van Horik *et al.*, 2012). Por lo tanto, cualquier similitud entre los rasgos, en este caso las habilidades cognitivas, puede ser atribuida al hecho de compartir las mismas fuerzas medioambientales de selección (Ridley, 1993). Consecuentemente, entre mayor sea la separación filogenética entre los grupos, mayor es la probabilidad de ser un caso de convergencia evolutiva (Papini, 2002).

Partiendo de estas premisas, Emery y Clayton (2004) han propuesto un modelo para la evolución de la cognición, en el cual sugieren que esta emerge como una adaptación en respuesta a presiones de selección ambientales específicas en diferentes especies de animales, independientemente de su relación filogenética. Por lo tanto, se propone que las habilidades cognitivas de los córvidos se encuentran en un nivel comparable al de los grandes simios, porque tales habilidades evolucionaron de manera convergente en ambos grupos (Emery y Clayton, 2004).

Esta propuesta se basa en la premisa de que el ancestro en común de las aves y los mamíferos fue un amniota primitivo que vivió hace 300 millones de años y que, durante el curso de las independientes y largas trayectorias evolutivas, córvidos y primates se adaptaron a diferentes requerimientos ambientales (arbóreo y terrestre, respectivamente), compartiendo historias de vida similares (largos periodos de desarrollo antes de la independencia, gran longevidad), así como adaptaciones morfológicas (la visión a color, la fina habilidad para sujetar y manipular objetos) y rasgos sociológicos (dieta omnívora, grupos sociales complejos, relaciones sociales individualizadas) (Van Horik *et al.*, 2012).

## LA INTELIGENCIA DE LOS PRIMATES

El estudio de la cognición en primates comenzó en 1920 con el psicólogo Wolfgang Köhler, quien investigó cómo actuaban chimpancés y macacos frente a tareas psicológicas diseñadas para humanos. Uno de los principales objetivos de Köhler era conocer qué tan diferentes y

similares eran los simios de los humanos en términos de aprendizaje; para esto, realizó experimentos que evaluaban a los chimpancés en tareas con el objetivo de alcanzar alimento, con o sin herramientas, para superar el obstáculo. Los chimpancés lograron resolver las pruebas, pero de manera secuenciada en razonamiento y desempeño. Al final, las diferencias y similitudes que encontró Köhler mostraron la primera evidencia de los procesos cognitivos superiores en los chimpancés (Köhler, 1926).

Basados en los resultados de estas investigaciones se comenzó a estudiar cada vez más sobre la cognición de los primates, por lo que los investigadores comenzaron a enfocarse en procesos cognitivos más complejos. Por ejemplo, el control inhibitorio, la toma de decisiones, la memoria de trabajo, el razonamiento causal, la consciencia y las habilidades sociales.

Respecto al control inhibitorio, se han realizado estudios comparativos que evalúan esta habilidad en los individuos mediante la espera de una recompensa mayor que el alimento habitual, controlando su impulso inmediato de alimentarse. Estos estudios se han realizado en diferentes especies de primates como grandes simios, chimpancés, bonobos, gorilas y orangutanes; en monos del Viejo Mundo: macacos Rhesus, babuinos y monos dorados; también en monos del Nuevo Mundo, incluidos los títies y los capuchinos, así como lémures de una variedad de géneros que incluyen *Lemur*, *Eulemur*, *Propithecus* y *Varecia*. A partir de estos trabajos, se ha determinado que en tareas de control inhibitorio los grandes simios muestran mayor control de las respuestas que los monos y los lémures (Amici *et al.*, 2008; MacLean *et al.*, 2014).

Lo anterior puede observarse en la manera que tienen los monos de tomar decisiones, pues se han evaluado algunas especies que deciden esperar hasta 40 segundos para obtener una recompensa mayor (Stevens *et al.*, 2005; Tobin *et al.*, 1996), un poco más en comparación con el tiempo de espera de aves y ratas (Green *et al.*, 2004; Tobin y Logue, 1994). En estudios con grandes simios, donde no solo obtienen una recompensa inmediata y accesible, sino que esta va aumentando conforme pasa el tiempo, se ha observado que ellos deciden esperar hasta 10 minutos para obtener una recompensa mayor (Beran, 2002), demostrando que los simios toman la decisión de esperar basándose en una situación futura (Beran y Evans, 2006).

Por otro lado, uno de los aspectos que también se ha analizado en primates ha sido la memoria, la cual utilizan al momento de buscar alimento y comunicarse con miembros de su grupo. En un sentido más

complejo, también se ha documentado en estudios en primates no humanos la implementación de tareas que evalúan la memoria de trabajo, la cual les permite almacenar brevemente (segundos o minutos) algunos elementos de información de manera activa. Dicha información es manipulada de tal manera que esta, al ser procesada, se contrasta, se compara y se relaciona entre sí con elementos de la memoria de largo plazo, con la finalidad de resolver problemas cognitivos (Baddeley, 1992; Unsworth y Engle, 2007), también relacionados con funciones ejecutivas como la resolución de problemas mediante la planeación, la toma de decisiones y la atención enfocada a un objetivo (Montero, 2016). Esto se ha observado sobre todo en macacos Rhesus (Brady y Hampton, 2009; Hoffman *et al.*, 2009), monos capuchinos (Tavares y Tomas, 2002) y chimpancés (Cook y Wilson, 2010; Völter *et al.*, 2019).

Por último, en primates no humanos se ha intentado entender hasta qué grado las especies tienen consciencia (capacidad de un individuo de autopercebirse), sobre todo en chimpancés. Estudios con estos últimos se han enfocado a la existencia de la capacidad para captar el estado de atención de otro individuo, su objetivo o su intención (Tempelmann *et al.*, 2011; Tomasello *et al.*, 2005; Uller, 2004), lo que abre la puerta de debate sobre la capacidad de grandes simios para demostrar empatía por otros individuos. Parte fundamental para esto es el autorreconocimiento, rasgo esencial para hablar sobre consciencia en los individuos.

Se ha comprobado esta habilidad en grandes simios como chimpancés, bonobos y orangutanes, mismos que se reconocen como ellos mismos frente a un espejo (Inoue-Nakamura, 2008). Hasta hace algunos años se pensaba que los gorilas, que también son parte del grupo de los grandes simios, no tenían esta habilidad de autorreconocimiento; sin embargo, hay un caso de un famoso gorila llamado Koko que ha logrado superar satisfactoriamente la prueba del espejo, mostrando que bajo ciertas circunstancias algunos gorilas tienen la capacidad de autorreconocerse (Patterson y Cohn, 1994). Por otro lado, la mayoría de los monos del Nuevo Mundo y del Viejo Mundo estudiados solo mostraron comportamientos exploratorios y sociales, es decir, percibieron su reflejo como otro individuo (Inoue-Nakamura, 2008). Aunque existe una excepción documentada: el mono araña, mismo que pertenece al grupo de los monos del Nuevo Mundo y que al ser expuesto a esta prueba de autorreconocimiento se observó que, al explorar la imagen en el espejo, estos monos no trataban al reflejo como a otro mono (Murray *et al.*, 2020); por este motivo, los autores proponen realizar más estudios al respecto, ya que es probable

que estos monos también tengan la capacidad de autorreconocerse, al igual que los grandes simios.

## AVES QUE APRENDEN DE SU ENTORNO

Desde la antigüedad, los cuervos han sufrido de una connotación negativa en muchos ámbitos, incluso han sido catalogados como símbolos de representación de la muerte, aunque a pesar de esto cuentan con aspectos que los hacen únicos. Los córvidos son aves de gran tamaño que pertenecen al orden de las *Passeriformes*, y son de los grupos más sociales de aves (Goodwin, 1986); esta característica los provee de cualidades muy importantes para resolver problemas que se puedan presentar en su entorno. En este sentido, se puede decir que los córvidos adquirieron un rasgo de inteligencia social; de hecho, se han reportado estudios donde las charas piñoneras (*Gymnorhinus cyanocephalus*), un córvido del oeste de Norteamérica que vive en grandes grupos sociales, pueden recordar la ubicación exacta de presas atrapadas por sus conespecíficos hasta uno y dos días después, así como en ubicaciones cercanas hasta siete días posteriores a la caza (Bednekoff y Balda, 1996).

En el caso de la memoria, los córvidos también poseen un desempeño admirable; un ejemplo de ello es la chara californiana (*Aphelocoma californica*), que posee una especie de memoria episódica (Clayton *et al.*, 2001; 2003). Este tipo de memoria es aquella que evoca los sucesos experimentados de tal manera que el sujeto es el protagonista de su propia historia, considerando el recuerdo del “¿Qué?”, “¿Dónde?” y “¿Cuándo?” ocurrió cierto hecho de la experiencia individual (Tulving, 2001). La presencia de este rasgo de memoria es comparable con el de los grandes simios, pues es precisamente esta habilidad la que les garantiza aprender de su entorno e interactuar con él para su beneficio.

En el caso del cuervo americano (*Corvus brachyrhynchos*), se ha demostrado que son capaces de reconocer las cualidades faciales de gente con quienes han tenido una experiencia previa, aunque solo si esta experiencia es negativa; es decir, el recuerdo de esa cara humana puede ser mantenido por largos periodos (Marzluff *et al.*, 2010), lo que convierte a los córvidos en sujetos de estudio sumamente interesantes en el ámbito de las ciencias cognitivas.

Una de las especies de córvidos más famosas, y por ende ampliamente estudiada en aspectos de cognición, es el cuervo de Nueva Caledonia (*Corvus moneduloides*), que destaca por su destreza al momento de utilizar herramientas con cierto grado de sofisticación y amplio espectro de



aplicación en situaciones de búsqueda de alimento o en la construcción de nidos (Alcock, 1972; Hansell y Ruxton, 2008; Hunt, 2000; Kenward *et al.*, 2006).

Lo que resulta aún más interesante es que, a pesar de que se desconocen la causa y el mecanismo que mantienen la variación en el tipo de herramientas que utilizan, existe la posibilidad de que el uso y el diseño de estas herramientas sean socialmente transmitidos dentro de los grupos a través del aprendizaje social, lo que de manera simultánea contribuye a la acumulación de cambios en dichos diseños a lo largo de generaciones, lo que se conoce como hipótesis de la cultura cumulativa y tecnológica (tabla 1; Hunt y Gray, 2003).

Tabla 1. Conductas de una cultura cumulativa y tecnológica en córvidos.\*

<i>Desarrollo del comportamiento</i>	<i>Mecanismos de aprendizaje</i>
Los padres ponen atención a la herramienta y, ocasionalmente, a la hoja del árbol de pandano.	<b>Mejoramiento del estímulo:</b> <b>¿qué atender?</b> Cualquiera pone atención a una opción.
Los juveniles practican con las herramientas propias y las de los padres.	<b>Aprendizaje de ensayo y error: ¿cómo resolver?</b> Después del primer intento, las observaciones posteriores de las soluciones no disminuyen la latencia de solución.
Mismas formas de herramientas en cada sitio.	<b>Impresión: ¿qué forma?</b> Ver y utilizar repetidamente la herramienta del padre, que es de una forma en particular.

\*Nota. Traducida de Logan *et al.*, 2015.

Otro aspecto cognitivo estudiado en córvidos es su capacidad de comunicación entre los individuos de un mismo grupo. Esta comunicación les brinda una ventaja al momento de afrontar situaciones de riesgo, como el avistamiento de un depredador. Por ejemplo, en cuervos comunes y cuervos americanos que fueron capturados y anillados con fines de investigación se observó un excepcional estado de alerta, incluyendo llamadas de alarma ocasionales a los investigadores cuando estos se

acercaron a ellos después de anillarlos, pero ignoraron a los investigadores con los que no tuvieron contacto (Marzluff y Angell, 2005). Específicamente, para el cuervo americano se puede apreciar un amplio repertorio de llamadas con muchas modulaciones e intergradaciones (similitudes con otras subespecies emparentadas dentro de un área) asociadas con la advertencia en contra de depredadores que atacan en manada (Verbeek y Caffrey, 2002).

## COGNICIÓN COMPARADA ENTRE PRIMATES Y CÓRVIDOS

Ante la acumulación de evidencia empírica respecto de las similitudes de las habilidades cognitivas entre grandes simios y córvidos, se han realizado comparaciones detalladas entre los grupos, principalmente en sus características cerebrales anatómicas y fisiológicas, así como en aspectos conductuales. En este sentido, las especies que han sido mayormente estudiadas son la del chimpancé (*Pan troglodytes*) y el cuervo de Nueva Caledonia (*Corvus moneduloides*).

En cuanto a las comparaciones anatómicas del cerebro, un aspecto importante que debe tenerse en cuenta cuando se evalúan diferentes especies es considerar que el tamaño absoluto del cerebro no es una condición estrictamente relacionada con las habilidades cognitivas, principalmente por su relación con el tamaño corporal (Jerison, 1973; Roth y Dicke, 2012). Por ejemplo, una simple comparación entre especies de primates demuestra la fuerte relación entre el tamaño corporal y el tamaño del cerebro. Entre los grandes simios, los gorilas tienen cerebros considerablemente más grandes (570 g) que los orangutanes (395 g) y chimpancés (440 g), pero su desempeño cognitivo es, de alguna manera, menor que estos últimos, principalmente en aspectos de uso y fabricación de herramientas y razonamiento causal (Roth y Dicke, 2012).

A pesar de esto, se ha adoptado la postura de que estas dos especies: *Pan troglodytes* y *Corvus moneduloides*, y el grupo de los grandes simios y los córvidos en general, poseen cerebros más grandes en relación con su tamaño corporal (Emery y Clayton, 2004; Cnotka *et al.*, 2008), y que estos grandes cerebros se correlacionan con sus notables capacidades cognitivas (Reader y Laland, 2002). Respecto de las diferencias estructurales entre el cerebro de los primates y los córvidos, cabe destacar la organización laminar en la corteza cerebral de los mamíferos y la organización nucleada en el cerebro de las aves, aun-

que estas diferencias parecen ser solo de carácter morfológico, pues ambas organizaciones neuroanatómicas comparten características funcionales entre sí.

De acuerdo con lo anterior, las estructuras cerebrales relacionadas con las habilidades cognitivas como el neocórtex, en específico la corteza prefrontal en primates y el nidopallium caudolateral y el mesopallium en córvidos, son morfológicamente diferentes (divergentes) pero análogas en función (convergentes). De hecho, el nidopallium caudolateral telencefálico de las aves es considerado como un equivalente funcional de la corteza prefrontal de los primates, principalmente debido a su innervación dopaminérgica, su conectividad, la evidencia expuesta en estudios de lesión y su actividad durante tareas que emplean la memoria de trabajo y hasta toma de decisiones (Diekamp *et al.*, 2002; Divac *et al.*, 1985; Durstewitz *et al.*, 1999; Güntürkün, 2005; Lengensdorf *et al.*, 2014; Mogensen y Divac, 1993; Nieder, 2017; Veit *et al.*, 2014).

## USO DE HERRAMIENTAS INTERESPECÍFICAS

Las observaciones documentadas sobre el uso y la manufactura de herramientas en vida silvestre son el principal motivo de la comparación de habilidades cognitivas en grandes simios y córvidos, observaciones que posteriormente dieron pie a experimentos en laboratorio para determinar cuáles son los posibles mecanismos mentales que ocupan los animales para procesar la información de su ambiente, por ejemplo, el razonamiento causal o la planeación y la prospección. Se ha documentado que tanto los chimpancés como los cuervos de Nueva Caledonia poseen la capacidad de usar y manufacturar herramientas en vida silvestre (Carvalho *et al.*, 2009; Hunt y Gray, 2007; McGrew, 2010; Rutz *et al.*, 2010; Sousa *et al.*, 2009).

Un análisis más profundo realizado por McGrew (2013) sobre el uso, la manufactura y las funciones de las herramientas en chimpancés y en cuervos de Nueva Caledonia muestra que ambas especies comparten los elementos básicos de tecnología, pero difieren en la variedad de modos de uso (chimpancé con 22 diferentes modos y el cuervo únicamente con cuatro) y en la funcionalidad de las herramientas (los chimpancés con seis funciones y el cuervo con dos), siendo el punto de mayor similitud los mecanismos de manufactura (el chimpancé con cuatro formas y el cuervo con tres (McGrew, 2013).

## LA IMPORTANCIA DE LA VIDA EN GRUPO

En términos de cognición social, este es el aspecto en el que más divergen estas dos especies, probablemente por las diferencias en su organización social y por su sistema de apareamiento. Por un lado, los chimpancés son animales con una sociedad fisión-fusión catalogada como uno de los tipos de sociedad más complejos en el reino animal, con agrupaciones de individuos de 20-150 que se dividen en subgrupos en constante cambio (Boesch y Boesch, 2000). En contraste, en el caso del cuervo de Nueva Caledonia la transmisión social del diseño de herramientas entre individuos carece de evidencia directa; sin embargo, y debido a la presencia de una evolución cumulativa en el diseño de herramientas y en el aprendizaje social de los cuervos, la transmisión social cumulativa en cuervos parece sumamente probable (Hunt y Gray, 2003).

Por último, respecto al aprendizaje social y la posible acumulación tecnológica en estas especies, *Pan troglodytes* y *Corvus moneduloides*, el punto de comparación resulta complicado dadas las diferencias metodológicas para estudiar esta capacidad cognitiva. En el caso de los chimpancés, el estudio sobre sus capacidades de aprendizaje social está enfocado a las similitudes y diferencias con los seres humanos, principalmente con infantes, así como su habilidad de crear cultura en donde se recopilan evidencias sobre la transmisión social de tradiciones conductuales o conjuntos de herramientas (Whiten, 2017).

Lo que ampliamente se mantiene aceptado, es que los chimpancés utilizan mecanismos de aprendizaje sencillos, como el aprendizaje individual por prueba y error, el aprendizaje por mejoramiento local y la emulación (Tomasello, 1996; Tomasello y Call, 1997). Según algunos autores, estos mecanismos evitan la transmisión de acumulación tecnológica sobre el diseño de las herramientas (Hunt y Gray, 2003). Para otros autores, estos mecanismos son válidos y necesarios para la transferencia de conocimiento e inclusive proponen un aprendizaje por imitación en chimpancés, similar al documentado en seres humanos (Whiten, 2017).

En el caso de los cuervos de Nueva Caledonia, la existencia de aprendizaje social se infiere por los diferentes diseños de las herramientas en las poblaciones de la isla Grande Terre (Hunt y Gray, 2003). De hecho, existen observaciones en vida silvestre sobre cómo los progenitores guían a los juveniles a los árboles donde obtienen las hojas del árbol de pandano para la fabricación de herramientas. Esto provoca que los juveniles observen el proceso de manufactura de las herramientas, además de permitirles usar herramientas desechadas para practicar su uso, lo

que a su vez influye en las preferencias de los juveniles sobre un tipo específico de herramienta al generar diferencias en forma y estructura de las herramientas entre poblaciones (Holzhaider *et al.*, 2010; Hunt y Gray, 2003; Logan *et al.*, 2015). Por lo tanto, las observaciones anteriores aportan una evidencia clara de aprendizaje social en el grupo, así como otras capacidades cognitivas equiparables con las de los chimpancés (tabla 2).

Tabla 2. Comparación de aspectos anatómicos y cognitivos en las especies *Pan troglodytes* y *Corvus moneduloides*.

<i>Indicadores de habilidades cognitivas</i>	<i>Chimpancé Pan troglodytes</i>	<i>Cuervo de Nueva Caledonia Corvus moneduloides</i>
<i>Anatomía</i>		
Tamaño absoluto del cerebro	330-440 g	7.56 g
Tamaño relativo del cerebro	1.07	1.04
Córtex prefrontal	√	√
Nidopalliumcaudolateral	√	√
<i>Cognición física</i>		
Uso de herramientas	√	√
Razonamiento causal	√	√
Planeación y prospección	√	√*
Memoria de trabajo	√	-
Consciencia	√	-
Control inhibitorio	√	-
Toma de decisiones	√	-
<i>Cognición social</i>		
Competencia	√	√
Cooperación	√*	√
Aprendizaje social	√	√*

(Continúa)

(Concluye)

<i>Indicadores de habilidades cognitivas</i>	<i>Chimpancé Pan troglodytes</i>	<i>Cuervo de Nueva Caledonia Corvus moneduloides</i>
Acumulación tecnológica	√*	√*
Comunicación social	√	√*

Los asteriscos (\*) indican las evidencias que requieren mayor cantidad de estudios para ser confirmadas. Elaboración propia basada en Montero-Domínguez, 2019.

## CONCLUSIÓN

Por su naturaleza, la cognición es un proceso que resulta complejo de definir de manera objetiva, por lo que se ha buscado explicar desde diferentes perspectivas y en diferentes especies de animales. Esto ha ocasionado que en las múltiples disciplinas dedicadas a su estudio se le atribuya cierto grado de complejidad e incluso de ambigüedad, específicamente a sus panoramas teóricos y empíricos. Por ejemplo, se considera como “cognición compleja” al conjunto de aquellas actividades mentales como pensar, razonar, resolver problemas y tomar decisiones que típicamente dependen de la combinación e interacción de más procesos elementales como la percepción, el aprendizaje, la memoria, las emociones, etc. (Knauff y Wolf, 2010), y existen investigadores que han estudiado sus bases en reptiles (Burghardt, 2013; Matsubara *et al.*, 2017), anfibios (Burghardt, 2013; Shibasaki e Ishida, 2012), peces (Bshary *et al.*, 2002; Salena *et al.*, 2021), insectos (Perry *et al.*, 2017; Webb, 2012) e incluso en organismos tan inusuales como el mohó (Smith-Ferguson y Beekman, 2019).

A pesar del complejo escenario teórico y empírico, y de acuerdo con lo planteado en el presente capítulo, las habilidades cognitivas comparadas entre córvidos y grandes simios parecen restringirse únicamente en el ámbito anatómico. Al hacer una comparación entre la manera en la que procesan la información del ambiente y cómo la utilizan para fines de sobrevivencia, se puede dar evidencia de una gran similitud entre ambas especies, lo que genera un gran número de preguntas que necesitan más atención en sus respectivas áreas de investigación.

Si bien, por un lado, nuestra estrecha relación evolutiva con los primates nos brinda información acerca del origen de nuestras habilidades cognitivas, por otro lado, comprender sus componentes básicos y compararlos con los de otras especies de animales no emparentadas

filogenéticamente con nosotros, como los cuervos, enriquece nuestra perspectiva al respecto, aportando argumentos que nos hacen preguntarnos y reflexionar sobre los límites establecidos para considerar que una especie sea inteligente o no. Desde este punto, es necesario y sumamente importante promover modelos de estudio que nos permitan resolver las múltiples y muy variadas preguntas que rodean el concepto de cognición.

Finalmente, teniendo en consideración la creciente evidencia respecto de la presencia de habilidades cognitivas en diferentes formas de vida, que interactúan y procesan la información de su ambiente, resulta evidente la responsabilidad que tenemos dado el impacto de nuestras actividades en el entorno. Al contar con las capacidades cognitivas suficientes para entender y transmitir información compleja de manera eficiente, está en nuestras manos aprovechar esta herramienta en pro de una mejor calidad de vida, no solo para la humanidad, sino para el planeta entero.

## REFERENCIAS

- ALCOCK, J. (1972). The evolution of the use of tools by feeding animals. *Evolution* (26), 464-473. DOI: 10.2307/2407020
- AMICI, F., Aureli, F. & J. Call (2008). Fission-fusion dynamics, behavioral flexibility and inhibitory control in primates. *Current Biology* (18), 1415-1419. DOI:10.1016/j.cub.2008.08.020
- BADDELEY, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255 (5044), 556-559. DOI:10.1126/science.1736359
- BEDNEKOFF, P. A., & Balda, R. P. (1996). Observational spatial memory in Clark's nutcrackers and Mexican jays. *Animal Behaviour* (52),833-839. DOI: 10.1006/anbe.1996.0228
- BERAN, M. J. (2002). Maintenance of self-imposed delay of gratification by four chimpanzees (*Pan troglodytes*) and an orangutan (*Pongo pygmaeus*). *The Journal of General Physiology* (129),49-66. DOI: 10.1080/00221300209602032
- BERAN, M. J., & Evans, T. A. (2006). Maintenance of delay of gratification by four chimpanzees (*Pan troglodytes*): The effects of delayed reward visibility, experimenter presence, and extended delay intervals. *Behavioural Processes* (73), 315-324. DOI: 10.1016/j.beproc.2006.07.005
- BOESCH, C., & H. Boesch-Acherman (2000). *The chimpanzees of the Tai Forest: behavioural ecology and evolution*. Oxford University Press, Oxford. ISBN: 0 19 850508 6

- BRADY, R. J. & R. R. Hampton (2018). Nonverbal working memory for novel images in rhesus monkeys. *Current Biology*, 28(24), 3903-3910. DOI: 10.1016/j.cub.2018.10.025
- BSHARY, R., W. Wickler & H. Fricke, (2002). Fish cognition: A primate's eye view. *animal cognition* (5), 1-13. DOI: 10.1007/s10071-001-0116-5
- CARVALHO, S., Biro, D., McGrew, W.C., & Matsuzawa, T. (2009). Tool-composite reuse in wild chimpanzees (*Pan troglodytes*): Archaeologically invisible steps in the technological evolution of early hominins? *Animal Cognition*, 12(1), 103-114. DOI: 10.1007/s10071-009-0271-7
- CLAYTON, N. S., Bussey, T. J., & Dickinson, A. (2003). Can animals recall the past and plan for the future? *Nature Reviews Neuroscience* (4),685-691. DOI: 10.1038/nrn1180
- CLAYTON, N. S., Griffiths, D. P., Emery, N. J., & Dickinson, A. (2001). Elements of episodic-like memory in animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences* (356) 1483-1491. DOI: 10.1098/rstb.2001.0947
- CNOTKA, J., Onur, G., Rehk, G., Gray, R. D., & Hunt, G. R. (2008). Extraordinary large brains in tool-using New Caledonian crows (*Corvus moneduloides*). *Neuroscience Letters*, 433(3), 241-245. DOI: 10.1016/j.neulet.2008.01.026
- COOK, P., & M. Wilson (2010). Do young chimpanzees have extraordinary working memory? *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(4), 599-600. DOI: 10.3758/PBR.17.4.599
- CRUZ-AGUILAR, M. A., Guevara, M. A., Hernández-González, M., Ramírez-Salado, I. & García-Orduña, F. (2017). A review: Psychophysiology of tool use in non-human primates. *International Journal of Science and Research*, 6(9),1989-1997. DOI: 10.21275/ART20176977
- DIEKAMP, B., Kalt, T., & Güntürkün, O. (2002). Working memory neurons in pigeons. *The Journal of Neuroscience* (22). RC210. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.22-04-j0002.2002
- DIVAC, I., Mogensen, J., & Björklund, A. (1985). The prefrontal 'cortex' in the pigeon. Biochemical evidence. *Brain Research* (332), 365-368. DOI: 10.1016/0006-8993(85)90606-7
- DURSTEWITZ, D., Kröner, S., & Güntürkün, O. (1999). The dopaminergic innervation of the avian telencephalon. *Progress in Neurobiology*, 59(2), 161-195. DOI: 10.1016/s0301-0082(98)00100-2
- EMERY, N. J., & Clayton, N. S. (2004). The mentality of crows: Convergent evolution of intelligence in corvids and apes. *Science*, 306(5703), 1903-1907. DOI: 10.1126/science.1098410
- GOODWIN, D. (1986). Crows of the world. British Museum (Natural History), Londres. ISBN: 0801410576



- GREEN, L., Myerson, J., Holt, D. D., Slevin, J. R., & Estle, S. J., (2004). Discounting of delayed food rewards in pigeons and rats: Is there a magnitude effect? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* (81), 39-50. DOI: 10.1901/jeab.2004.81-39
- GÜNTÜRKÜN, O. (2005). The avian “prefrontal cortex” and cognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 15(6), 686-693. doi: 10.1016/j.conb.2005.10.003
- HANSELL, M., & Ruxton, G. D. (2008). Setting tool use within the context of animal construction behaviour. *Trends in Ecology and Evolution* (23), 73-78. DOI: 10.1016/j.tree.2007.10.006
- HOFFMAN, M. L., Beran, M. J., & Washburn, D. A. (2009). Memory for “what”, “where”, and “when” information in rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 35(2), 143-152. DOI: 10.1037/a0013295
- HOLZHAIDER, J. C., Hunt, G. R., & Gray, R. D. (2010). Social learning in New Caledonian crows. *Learning & Behavior*, 38(3), 206-219. DOI: 10.3758/LB.38.3.206
- HUNT, G. R. (2000). Tool use by the New Caledonian crow *Corvus moneduloides* to obtain Cerambycidae from dead wood. *Emu - Austral Ornithology*, 100(2), 109-114. DOI: 10.1071/MU9852
- HUNT, G. R., & Gray, R. D. (2003). Diversification and cumulative evolution in New Caledonian crow tool manufacture. *Proceedings of the Royal Society B* (270), 867-874. DOI: 10.1098/rspb.2002.2302
- HUNT, G. R., & Gray, R. D. (2007). Parallel tool industries in New Caledonian crows. *Biology Letters* (3), 173-175. DOI: 10.1098/rsbl.2006.0603
- INOUE-NAKAMURA, N. (2008). Mirror self-recognition in primates: An ontogenetic and a phylogenetic approach. En T. Matsuzawa (ed.), *Primate origins of human cognition and behavior* (pp. 297-312). Springer, Tokyo. DOI: 10.1007/978-4-431-09423-4\_14
- JERISON, H. J. (1973). *Evolution of the brain and intelligence*. Academic Press. New York. doi: 10.1016/B978-0-123-85250-2.X5001-9
- JOHNSON, C.M. (2001). Distributed primate cognition: A review. *Animal Cognition* 3(4), 167-183. DOI: 10.1007/s100710100077
- KACELNIK, A., Chappell, J., Kenward, B., & Weir, A. A. S. (2009). Cognitive adaptations for tool. Related behaviour in New Caledonian crows. En E. A. Wasserman & T. R. Zentall (eds.), *Comparative cognition: Experimental explorations of animal intelligence* (pp. 515-528). Oxford University Press.
- KENWARD, B., Rutz, C., Weir, A. A. S., & Kacelnik, A. (2006). Development of tool use in New Caledonian crows: Inherited action patterns and

- social influence. *Animal Behaviour* (72), 1329-1343. DOI:10.1016/j.anbehav.2006.04.007
- KNAUFF, M., & Wolf, A. G. (2010). Complex cognition: The science of human reasoning, problem-solving, and decision-making. *Cognitive Processing* (11), 99-102. DOI: 10.1007/s10339-010-0362-z
- KÖHLER, W. (1926). Intelligence of apes. En C. Murchinson (ed.), *Psychologies of 1925*. Pp. 146-161. Clark University Press. DOI: 10.1037/11020-007
- LENGERSDORF, D., Pusch, R., Güntürkün, O., & Stüttgen, M. C. (2014). Neurons in the pigeon nidopallium caudolaterale signal the selection and execution of perceptual decisions. *The European Journal of Neuroscience* 40(9), 3316-3327. DOI: 10.1111/ejn.12698
- LOGAN, C. J., Breen, A. J., Taylor, A. H., Gray, R. D., & Hoppitt, W. J. E. (2015). How New Caledonian crows solve novel foraging problems and what it means for cumulative culture. *Learning & Behavior*, 44(1), 18-28. DOI: 10.3758/s13420-015-0194-x
- MACLEAN, E. L., Hare, B., Nunn, C.L., Addessi, E., Amici, F., Anderson, R. C., & Zhao, Y. (2014). The evolution of self-control. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(20), E2140-E2148. DOI: 10.1073/pnas.1323533111
- MARZLUFF, J. M., & Angell, T. (2005). *In the company of crows and ravens*. Yale University Press. ISBN: 0300122551
- MARZLUFF, J. M., Walls, J., Corneill, H. N., Withey, J. C., & Craig, D. P. (2010). Lasting recognition of threatening people by wild American crows. *Animal Behaviour* (79), 699-707. DOI: 10.1016/j.anbehav.2009.12.022
- MATSUBARA, S., Deeming, D. C., & Wilkinson, A. (2017). Cold-blooded cognition: New directions in reptile cognition. *Current Opinion in Behavioral Sciences* (16), 126-130. DOI: 10.1016/j.cobeha.2017.06.006
- MCGREW, W. C. (2010). Chimpanzee technology. *Science*, (328), 579-580. doi: 10.1126/science.1187921
- MCGREW, W. C. (2013). Is primate tool use special? Chimpanzee and New Caledonian crow compared. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1630), 20120422. DOI: 10.1098/rstb.2012.0422
- MOGENSEN, J., & Divac, I. (1993). Behavioural effects of ablation of the pigeon-equivalent of the mammalian prefrontal cortex. *Behavioral Brain Research* (55), 101-107. DOI: 10.1016/0166-4328(93)90012-f
- MOLL, F.W., & Nieder, A. (2014). The long and the short of it: Rule-based relative length discrimination in carrion crows, *Corvus corone*. *Behavioural Processes* (107), 142-149. DOI: 10.1016/j.beproc.2014.08.009
- MONTERO, C. M. (2016). Cognición animal: Un nuevo enfoque sobre los mecanismos del comportamiento. En J. Carranza (ed.), *Etología adapta-*

- tiva: el comportamiento como producto de la selección natural* (pp. 545-580). Universidad de Córdoba. ISBN: 978-84-9927-202-3.
- MONTERO-DOMÍNGUEZ, I. L. (2019). Análisis evolutivo de la cognición en grandes simios y córvidos. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. DOI: 10.13140/RG.2.2.20503.73123.
- MOSTOFSKY, S. H., & Simmonds, D. J. (2008). Response inhibition and response selection: two sides of the same coin. *Journal of Cognitive Neuroscience* (20), 751-761. DOI: 10.1162/jocn.2008.20500.
- MURRAY, L., Schaffner, C. M., Aureli, F., & Amici, F. (2020). There is no other monkey in the mirror for spider monkeys (*Ateles geoffroyi*). *Journal of Comparative Psychology*, 134(3), 323. DOI: 10.1037/com0000243.
- NIEDER, A. (2017). Inside the corvid brain - probing the physiology of cognition in crows. *Current Opinion in Behavioral Sciences* (16), 8-14. DOI: 10.1016/j.cobeha.2017.02.005.
- PAPINI, M. R. (2002). Pattern and process in the evolution of learning. *Psychological review*, 109(1), 186. DOI: 10.1037/0033-295x.109.1.186.
- PATTERSON, F. G. P., & Cohn, R. H. (1994). Self-recognition and self-awareness in lowland gorillas. En S. T. Parker, R. W. Mitchell & M. L. Boccia (eds.), *Self-awareness in animals and humans: Developmental perspectives* (pp. 273-290). Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9780511565526.019.
- PERRY, C. J., Barron, A. B., & Chittka, L. (2017). The frontiers of insect cognition. *Current Opinion in Behavioral Sciences* (16), 111-118. DOI: 10.1016/j.cobeha.2017.05.011.
- READER, S. M., & Laland, K. N. (2002). Social Intelligence, innovation, and enhanced brain size in primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(7), 4436-4441. DOI: 10.1073/pnas.062041299.
- RIDLEY M. (1993). *Evolution*. Blackwell Scientific Publications. DOI: 10.1046/j.1420-9101.1993.6040615.x.
- ROTH, G., & Dicke, U. (2012). Evolution of the brain and intelligence in primates. *Progress in Brain Research* (195), 413-440. DOI: 10.1016/B978-0-444-53860-4.00020-9.
- RUTZ, C., Bluff, L. A., Reed, N., Troscianko, J., Newton, J., Inger, R., Kacelnik, A., & Bearhop, S., (2010). The ecological significance of tool use in New Caledonian crows. *Science* (329), 1523-1526. DOI: 10.1126/science.1192053.
- SALENA, M. G., Turko, A. J., Singh, A., Pathak, A., Hughes, E., Brown, C., & Balshine, S. (2021). Understanding fish cognition: A review and appraisal of current practices. *Animal Cognition*, (24): 395-406. DOI: 10.1007/s10071-008-0140-9.

- SHETTLEWORTH, S. J. (2001). Animal cognition and animal behaviour. *Animal Behaviour*, 61(2), 277-286. DOI: 10.1006/anbe.2000.1606
- SHIBASAKI, M., & Ishida, M. (2012). Effects of overtraining on extinction in newts (*Cynops pyrrhogaster*). *Journal of Comparative Psychology*, 126(4), 368-371. DOI: 10.1037/a0027775.
- SMITH-FERGUSON, J., & Beekman, M. (2019). Who needs a brain? Slime moulds, behavioural ecology and minimal cognition. *Adaptive Behavior*, 28(6): 105971231982653. DOI: 10.1177/1059712319826537.
- SOUSA, C., Biro, D., & Matsuzawa, T. (2009). Leaf-tool use for drinking water by wild chimpanzees (*Pan troglodytes*): Acquisition patterns and handedness. *Animal Cognition* 12(1), 115-125. DOI: 10.1007/s10071-009-0278-0.
- STEVENS, J. R., Hallinan, E. V., & Hauser, M. D. (2005). The ecology and evolution of patience in two New World monkeys. *Biology Letters* (1), 223-226. DOI: 10.1098/rsbl.2004.0285.
- TAVARES, M. C. H. & Tomaz, C. (2002). Working memory in capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Behavioural Brain Research*, 131(1-2), 131-137. DOI: 10.1016/S0166-4328(01)00368-0.
- TEMPELMANN, S., Kaminski, J., & Liebal, K. (2011). Focus on the essential: All great apes know when others are being attentive. *Animal Cognition*, 14(3), 433-439. DOI: 10.1007/s10071-011-0378-5.
- TOBIN, H., & Logue, A. W. (1994). Self-control across species (*Columba livia*, *Homo sapiens*, and *Rattus norvegicus*). *Journal of Comparative Psychology*, 108(2), 126-133. DOI: 10.1037/0735-7036.108.2.126
- TOBIN, H., Logue, A. W., Chelonis, J. J., & Ackerman, K. T. (1996). Self-control in the monkey *Macaca fascicularis*. *Learning & Behavior* (24), 168-174. DOI: 10.3758/BF03198964.
- TOMASELLO, M. (1996). Do apes ape?. En C. M. Heyes, & B. G. Jr. Galef (eds.), *Social learning in animals: The roots of culture* (pp. 319-346). London: Academic Press. DOI: 10.1016/B978-012273965-1/50016-9.
- TOMASELLO, M., & Call, J. (1997). *Primate cognition*. Oxford University Press. ISBN: 9780195106244.
- TOMASELLO, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T., & Moll, H. (2005). Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 28(5), 675-691. DOI: 10.1017/S0140525X05000129.
- TULVING, E. (2001). Episodic memory and common sense: How far apart? *Philosophical Transactions of The Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* (356): 1505-1515. DOI: 10.1098/rstb.2001.0937.
- UNSWORTH, N., & Engle, R.W. (2007). The nature of individual differences in working memory capacity: Active maintenance in primary memory and

- controlled search from secondary memory. *Psychological Review* (114),104-132. DOI: 10.1037/0033-295X.114.1.104.
- ULLER, C. (2004). Disposition to recognize goals in infant chimpanzees. *Animal Cognition* 7(3), 154-161. doi: 10.1007/s10071-003-0204-9.
- VAN HORIK J. O., Clayton N. S., & Emery N. J. (2012). Convergent evolution of cognition in Corvids, apes and other animals. En J. Vonk, & T. K. Shackelford (eds.), *The Oxford handbook of comparative evolutionary psychology* (pp. 80-101). Oxford University Press. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199738182.013.0005.
- VEIT, L., & Nieder, A. (2013). Abstract rule neurons in the endbrain support intelligent behaviour in corvid songbirds. *Nature Communications* (4), 2878. DOI: 10.1038/ncomms3878.
- VEIT, L., Hartmann, K., & Nieder, A. (2014). Neuronal correlates of visual working memory in the corvid endbrain. *The Journal of Neuroscience*, 34(23), 7778-7786. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.0612-14.2014.
- VERBEEK, N. A. M., & Caffrey, C. (2002). American crow (*Corvus brachyrhynchos*). En A. Poole, F. Gill (eds.), *The birds of North America*, Inc, Philadelphia. DOI: 10.2173/bna.amecro.02.
- VÖLTER, C. J., Mundry, R., Call, J., & Seed, A. M. (2019). Chimpanzees flexibly update working memory contents and show susceptibility to distraction in the self-ordered search task. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1907), 20190715. DOI: 10.1098/rspb.2019.0715.
- WHITEN, A. (2017). Social learning and culture in child and chimpanzee. *Annual Review of Psychology* (68), 129-154. DOI: 10.1146/annurev-psych-010416-044108.
- WEBB, B. (2012). Cognition in insects. *Philosophical Transactions of The Royal Society B* (367): 2715-2722. DOI: 10.1098/rstb.2012.0218.



.2.

# COGNICIÓN CANINA: DESDE NUESTRO LAZO CON EL LOBO HASTA NUESTROS DÍAS

*Fabrizio Dell'Anna*  
*Roberto Karim López Hernández*  
*Laura Paola Rivera Ortega*

El vínculo con un verdadero perro es tan duradero como lo serán los vínculos de esta tierra.

KONRAD LORENZ

Nuestra vida con los perros empezó hace miles de años, quizá en las estepas asiáticas o en los bosques europeos y, desde ese momento, nuestra relación no ha parado de evolucionar. Desde que los primeros lobos se acercaron a comer los restos de nuestra comida, el ser humano ha obtenido una gran variedad de razas a través de la selección natural y de la artificial..., así como muchos compañeros de trabajo. Hoy en día son incontables las situaciones en las que los perros ayudan al *Homo sapiens sapiens* en diferentes tareas gracias a sus capacidades, que van más allá de nuestras capacidades de primate. Desde tiempos inmemoriales, los perros han fungido como guardianes del hogar y compañeros de caza, lo cual puede observarse en las primeras pinturas que datan de hace 10 000 años y que representan a perros cazando con humanos (Guagnin *et al.*, 2018). Los perros están involucrados en trabajos, por ejemplo, en las fuerzas armadas y apoyando al personal médico debido

a su capacidad para olfatear explosivos y tumores (Moser y McCulloch, 2010), y son también utilizados como apoyo psicológico en la llamada *pet therapy*.

Actualmente se piensa que el perro moderno desciende del lobo euroasiático del Pleistoceno, que apareció hace 40 000-15 000 años (Bergström *et al.*, 2020) y que comenzó a vivir al lado de los humanos 5 000 años antes que otros animales domésticos como cabras y ovejas. ¿Qué hizo que un lobo salvaje llegase a devenir en un perro? Fue gracias a un proceso llamado “domesticación”, que es el desarrollo por el cual una especie animal o vegetal pierde, adquiere o desarrolla ciertos caracteres morfológicos, fisiológicos o de comportamiento que son heredables, los cuales son resultado de una selección artificial por parte del ser humano o de una selección natural adaptativa a la convivencia con nuestra especie (Price, 1984). Hoy en día existen varias hipótesis sobre las dinámicas de la domesticación de los perros. Resumiremos los postulados más importantes de estas a continuación.

## HIPÓTESIS BASADAS EN LA SELECCIÓN NATURAL

*Hipótesis de la autodomesticación.* Los antepasados de los perros que tenían genes que les permitían ser más dóciles y menos temerosos de los humanos podían pasar más tiempo alrededor de sus campamentos. Durante generaciones, estos genes fueron seleccionados hasta crear una subespecie separada (proto-perros) y adaptada a convivir con los humanos (Coppinger y Smith, 1983).

*Hipótesis del mutualismo simbiótico.* Ambos, humanos y lobos, comparten y compiten en el mismo nicho ecológico y presentan comportamientos sociales complejos muy similares (jerarquías entre individuos, caza cooperativa, sistema de comunicación entre individuos). A diferencia de la hipótesis de la autodomesticación, los lobos más tolerantes a la presencia de humanos aprendieron a aprovecharse de los restos de alimento; por su parte, los humanos toleraron la presencia de los lobos y observaron sus técnicas de caza, llevando a cabo un mutualismo entre especies que permitió la evolución de las primeras especies de proto-perros (Coppinger y Coppinger, 2002).

## HIPÓTESIS BASADAS EN LA SELECCIÓN ARTIFICIAL

*Hipótesis de los lobos cautivos.* Los humanos atrapaban y tenían en cautiverio lobos que serían destinados a ser reservas de comida y su pelaje



se ocuparía para confeccionar ropa. A través del tiempo seleccionaron a los individuos más dóciles hasta obtener al perro moderno (Germonpré *et al.*, 2015).

*Hipótesis de los lobos mascotas.* Los humanos adoptaban (o robaban) crías de lobos, seleccionando a los individuos más dóciles para utilizarlos en la protección de los campamentos y como ayuda en la caza (Galton, 1865; Serpell, 1989).

Las hipótesis más acreditadas actualmente son la hipótesis del mutualismo simbiótico y la hipótesis del lobo mascota. Sin embargo, el debate científico sigue sin una resolución definitiva (Serpell, 2021).

## LA DOMESTICACIÓN Y SUS EFECTOS

Actualmente, está claro que los animales también poseen capacidades cognitivas; sin embargo, esto no siempre ha sido así. Siguiendo la *scala naturae* del filósofo griego Aristóteles, solo los humanos eran considerados seres racionales capaces de reflexionar y razonar; este pensamiento había influenciado a los biólogos europeos hasta el final del siglo XIX, aunque esta perspectiva fue finalmente erradicada gracias al trabajo de Charles Darwin. En la misma línea de Darwin, los investigadores contemporáneos analizan y estudian las capacidades cognitivas de una gran variedad de especies diferentes, desde perros hasta pájaros, desde peces hasta insectos (Brinkman *et al.*, 2019; Jelbert *et al.*, 2018; Pahl *et al.*, 2013). El estudio fundamental que se llevó a cabo en relación con los efectos de la domesticación sobre cánidos silvestres fue el de los zorros, de Dmitry Belyaev.

A finales de la década de los cincuenta el genetista ruso Dmitry K. Belyaev comenzó un experimento en Siberia que duraría décadas, para criar una población de zorros en granjas de pieles y que fuesen más dóciles. Se comenzó con 130 ejemplares y, a lo largo de más de 45 generaciones, únicamente se habían seleccionado individuos por su docilidad y su sociabilidad hacia los humanos (Trut *et al.*, 2009). Aunque no estaban estudiando la domesticación, encontraron que las nuevas generaciones de zorros eran más sociables con las personas y presentaban características que no se habían seleccionado directamente, pero que podrían parecernos sumamente familiares, tales como colas curvadas sobre el lomo con menor cantidad de vértebras, orejas caídas, manchas de color blanco en el pecho, cambios en la morfología del cráneo y el ciclo reproductivo (Trut, 1999).

El experimento continúa hasta la actualidad, y el laboratorio de Lyudmila N. Trut vende algunos de los ejemplares más dóciles para continuar su trabajo. Se ha observado que 75% de los zorros nacidos de los grupos domesticados y que son criados como mascotas son animales sociables, cariñosos, y forman lazos fuertes con los humanos, del mismo modo que los perros actuales.

## LOS PROCESOS COGNITIVOS DEL PERRO SOCIAL

La cognición social se enfoca en cómo los animales perciben los estímulos y las relaciones que involucran dentro de su entorno a otros seres vivos, particularmente aquellos de su propia especie, y cómo los individuos generan representaciones mentales de estos estímulos sociales; a su vez, utilizan los elementos bióticos y abióticos para resolver problemáticas concernientes a ello (Schilhab, 2004). Los perros se consideran modelos de estudio de procesos cognitivos sociales dada su capacidad para expresar conductas sociales complejas, como las requeridas para la caza cooperativa, y se ha observado una preferencia hacia los estímulos sociales, ya sea de otros perros o de personas, por sobre señales abstractas no sociales como fuentes de información para obtener una recompensa (Cooper, 2003).

## PERROS QUE OBSERVAN E IMITAN

El aprendizaje social se da en animales cuando otros individuos tienen una influencia directa en la adquisición de nuevas conductas o habilidades. Esto indica que un animal puede adquirir información o capacidades al observar a otros animales. El aprendizaje social en animales tiene la ventaja evolutiva de que el individuo no necesita tener una experiencia negativa directa o pasar por etapas de exploración, prueba y error para poder aprender (Range, 2014).

Aunque se han realizado estudios de imitación animal-humano en otras especies, como chimpancés y caballos, los perros han destacado favorablemente en estas pruebas, e incluso se ha estudiado su memoria a largo plazo en conductas imitativas (Fugazza y Miklósi, 2015). En el aprendizaje imitativo, tal como lo define Bjorklund (2002), se da un proceso social complejo que requiere que el imitador perciba y entienda los movimientos corporales que primero ha realizado el sujeto modelo: por ejemplo, en el caso de los perros, el sujeto modelo puede tomar un objeto con una mano y el perro replica la conducta utilizando, a su vez, el hocico.

Recientemente, se han comenzado a utilizar estos aspectos sociales del aprendizaje, por ejemplo, la imitación para el adiestramiento canino, que tradicionalmente tiende a basarse exclusivamente en los condicionamientos clásico y operante. Así se desarrolló un método de adiestramiento que combina los sistemas de entrenamiento tradicional y el aprendizaje social llamado "Do As I Do" (DAID, "Hazlo como yo lo hago"). Este es un método de aprendizaje social basado en la imitación, donde el perro aprende el comando (*e. g.*, una señal verbal) para imitar a una persona utilizando el condicionamiento operante como primera herramienta (Fugazza *et al.*, 2016). La ventaja de esta modalidad es la rapidez para enseñar una conducta compleja a partir del encadenamiento de conductas con una o pocas repeticiones.

## AUTORRECONOCIMIENTO

Desde la década de los setenta, los investigadores han utilizado el espejo como herramienta para estudiar el autorreconocimiento en animales no humanos, en donde se examina la capacidad de inspeccionar utilizando un espejo reflejando las partes del cuerpo que antes no se veían, como el interior de la boca o la frente, lo cual se ha interpretado como reconocimiento y evidencia de un autoconcepto; sin embargo, los perros habían fallado consistentemente esta prueba (Gallup, 2002). Tanto en estudios como en la evidencia anecdótica, sabemos que los perros suelen tratar al reflejo en los espejos como si se tratara de otro perro, o bien los ignoran totalmente. No obstante, Horowitz (2017) no estaba segura de que ese fuera el final de los estudios en autorreconocimiento en perros, pues, a fin de cuentas, la vista no es el sentido predominante en los perros como lo es en los humanos, sino que, de todos los órganos de los sentidos próximos al cerebro, los perros usan la nariz de forma predominante.

A partir de estas características perceptuales, Horowitz diseñó una prueba de autorreconocimiento basada en el olfato y en el estímulo más habitual que olfatean los perros: la orina. Esta prueba mide el tiempo en que los perros olfatean diferentes muestras de orina que se les presentaban simultáneamente. Las muestras se dividían entre las de perros desconocidos y su propia orina, manipulada con un nuevo olor en la muestra, el de células cancerosas. Los perros pasaron más tiempo examinando la muestra de orina propia que había sido manipulada (Horowitz, 2017). Con el nuevo enfoque olfativo, los estudios sobre autorreconocimiento seguramente se seguirán perfeccionando. No obs-

tante, nos muestra la importancia de considerar la etología de la especie al momento de realizar las pruebas experimentales.

## COMPRENSIÓN DEL LENGUAJE

Uno de los primeros estudios en comprensión muy famoso fue el caso de *Rico*, un border collie cuyos dueños comenzaron a enseñarle palabras para objetos. Ellos se pusieron en contacto con científicos del Max Planck Institute para realizarle una evaluación y diversos estudios. Juliane Kaminsky, del Max Planck Institute, fue la investigadora encargada de trabajar con *Rico* y descartar lo que conocemos como el efecto Clever Hans, que se caracteriza por provocar de manera involuntaria la conducta deseada por parte del investigador si los experimentos no están cuidadosamente diseñados. Su primer experimento demostró que *Rico* realmente reconocía 200 palabras y que el aprendizaje de las mismas había sido genuino, una vez descartado el efecto Clever Hans. Su segundo experimento fue aún más impresionante; en este demostró que Rico era capaz de adquirir nuevas palabras mediante aprendizaje por exclusión, esto es, que *Rico* podía aprender cómo se llamaba un objeto nuevo al descartar los objetos que ya conocía previamente y a los que ya le había sido asignada una palabra (Kaminski, 2004); lo anterior permitió a Rico y a los investigadores aparecer en portadas de revistas, además de obtener gran popularidad en redes sociales.

Siguiendo esta investigación, y mientras Rico llegaba a una edad avanzada, los investigadores John Pilley y Alliston Reid decidieron hacer sus propios experimentos en su propio perro, *Chaser*. Querían saber si la adquisición de *Rico* de aproximadamente 200 palabras constituía algún tipo de límite y si se podría llevar el estudio de comprensión del lenguaje aún más lejos utilizando un sistema de aprendizaje más riguroso. *Chaser* era capaz de identificar y seleccionar 1 022 objetos por nombre, empleando el mismo mecanismo de aprendizaje por exclusión reportado previamente en *Rico* (Pilley, 2011), lo que lo convirtió en el animal no humano con la mejor memoria hasta ahora puesta a prueba mediante experimentos. Asimismo, *Chaser* era capaz de diferenciar entre sustantivos y verbos y agrupar los objetos que conocía dentro de categorías; por ejemplo, la categoría de “bolas” podría referirse a múltiples estilos de pelotas de juguete que tenía y conocía por nombre. A la fecha, ambos perros han fallecido; sin embargo, dejaron un legado y un camino para los interesados en la comprensión del lenguaje y en el estudio de los métodos implicados en animales no humanos.

## SÍNDROME COGNITIVO DISFUNCIONAL

La afinidad entre los lobos y los primeros humanos pudo, probablemente, facilitarse debido a particularidades sociales y neurobiológicas en común; podría decirse que es por ello que nos entendemos tan bien. No obstante, no todo es tan agradable para nuestros compañeros, pues, como nosotros, ellos también son propensos a tener fallas cognitivas al llegar a la vejez.

En este caso, nos referimos al Síndrome Cognitivo Disfuncional (SCD), un desorden neurodegenerativo de perros gerontes que comparte similitudes con el Alzheimer en humanos y que se caracteriza por un declive gradual en la función cognitiva, manifestándose en signos como desorientación, menor respuesta a estímulos, alteración de la interacción social, cambios en el ciclo sueño-vigilia y en la actividad en general (Osella *et al.*, 2007). Ahí no terminan las comparaciones de deterioro mental humano-perro ya que, de acuerdo con un estudio hecho por Jacqueline C. Neilson para determinar cambios conductuales por edad en 180 perros sin problemas aparentes de salud, 28% de los dueños de perros geriátricos (entre 11 y 12 años) reportó al menos una de las categorías consistentes con discapacidad cognitiva leve, y 10% en dos o más categorías; estos números aumentaron en perros de mayor edad (15 a 16 años) con reportes de 68% en una categoría, y 36% en dos o más categorías (Neilson *et al.*, 2001).

Tradicionalmente, los signos clínicos de dicho desorden son descritos con el acrónimo Disha (*Disorientation, Interaction changes, Sleep/wake disturbances, House soiling and Activity changes*), Landsberg *et al.*, 2003). En años recientes se han hecho investigaciones en un intento por implementar métodos de diagnóstico más escrupulosos, pero que no dejen de ser prácticos para los profesionales. Uno de estos diagnósticos es el Cades (CANine DEmential Scale), una escala en la que se tienen en cuenta 17 conductas distribuidas en los cuatro dominios del Disha (desorientación, cambios en la interacción social, alteración del sueño, suciedad de la casa y cambios en la actividad), además de que se puntúa el grado del desorden, que puede ir de leve a severo (Madari *et al.*, 2015).

De igual manera, para un diagnóstico más seguro, además del Cades, pueden hacerse exámenes conductuales más escrupulosos, así como tomar muestras sanguíneas para determinar niveles plasmáticos de proteínas relacionados con el SCD, así como biomarcadores de neurodegeneración (Vikartovska *et al.*, 2020).

En la práctica veterinaria, para ralentizar esta degeneración se ha recurrido al tratamiento a base de medicamentos, que incluye fármacos utilizados para el tratamiento del Alzheimer, tales como antidepresivos, alcaloides, neuroprotectores gliales y antiparkinsonianos; también ha sido exitosa la técnica terapéutica  $A\beta$  inmunoterapia, que proveyó de manera experimental mejoras en la cognición de beagles y sin efectos secundarios (Head *et al.*, 2008). Por otro lado, el tratamiento puede ser coadyuvado mediante cambios en la dieta, misma que puede complementarse con vitaminas, antioxidantes y extractos herbales (Bosch *et al.*, 2012). Debe tenerse en cuenta que para una mejoría de la capacidad cognitiva se requiere de estimulación mental, que está compuesta por ejercicio físico, enriquecimiento del entorno y entrenamiento cognitivo; la adición de dieta y la estimulación mental han demostrado efectos de mejoría en funciones que no solo se relacionan con la pérdida neuronal (Head *et al.*, 2008).

## CONCLUSIÓN

En los últimos 10 años ha habido un aumento en los estudios conductuales y cognitivos sobre perros. Es peculiar el hecho de que hasta hace poco tiempo su conducta fuese considerada de manera científica, pese a que nos han acompañado durante una gran parte de nuestra historia. Anteriormente, muchos investigadores no consideraban al perro dentro de los estudios de cognición, ya que daban por hecho que, al ser una especie doméstica, sería evidente una capacidad cognitiva baja. Sin embargo, actualmente no solo se ha descubierto que esto no es así, sino que los perros tienen mucho que ofrecer a los estudios en conducta, dado que hemos ido aprendiendo que el mundo cognitivo de cada perro es más complejo y amplio de lo que nunca se había pensado, siendo considerada una de las especies más flexibles y adaptables del planeta. El perro es una especie de cánido que, por sí misma, tiene características mentales de aprendizaje y sociales más que equiparables a las nuestras desde tiempos antiguos. No es de extrañar que haya sido la primera especie que pudimos domesticar y que pueda entender en la mayoría de las ocasiones lo que le queremos comunicar, que aprendan rápidamente de nosotros e incluso comprendan nuestro lenguaje, o que padezcan patologías neurológicas y mentales similares a las nuestras. De ahí que, mientras permanecemos en este planeta, lo más seguro es que de igual manera nos sigan acompañando, y nosotros seguiremos estudiando qué tan iguales somos en términos cognitivos.

## REFERENCIAS

- BERGSTRÖM, A., Frantz, L., Schmidt, R., Ersmark, E., Lebrasseur, O., Girdland-Flink, L., Lin, A. T., Storå, J., Sjögren, K. G., Anthony, D., Antipina, E., Amiri, S., Bar-Oz, G., Bazaliiskii, V. I., Bulatović, J., Brown, D., Carmagnini, A., Davy, T., Fedorov, S., Skoglund, P. (2020). Origins and genetic legacy of prehistoric dogs. *Science*, 370 (6516), 557-564. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.ABA9572>
- BOSCH, M. N., Plugiese, M., Gimeno-Bayón, J., Rodríguez, M. J., & Mahy, N. (2012). Dogs with cognitive dysfunction syndrome: A Natural Model of Alzheimer's Disease. *Current Alzheimer Research* 9(3), 298-314. <https://doi.org/10.2174/156720512800107546>
- BRINKMAN, R. J., Hage, J. J., Oostra, R. J., & Van Der Horst, C. M. (2019). Andreas Vesalius (1515-1564) on animal cognition. *Psychonomic bulletin & review*, 26(5), 1588-1595. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01643-4>
- BJORKLUND, D. F., Yunger, J. L., Bering, J. M., & Ragan, P. (2002). The generalization of deferred imitation in enculturated chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Animal Cognition*, 5(1), 49-58. <https://doi.org/10.1007/s10071-001-0124-5>
- COOPER, J. J., Ashton, C., Bishop, S., West, R., Mills, D. S., & Young, R. J. (2003). Clever hounds: Social cognition in the domestic dog (*Canis familiaris*). *Applied Animal Behaviour Science*, 81(3), 229-244. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00284-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00284-8)
- COPPINGER, R. P., & Smith, C. K. (1983). The domestication of evolution. *Environmental Conservation*, 10(4), 283-292. <https://doi.org/10.1017/S0376892900012984>
- COPPINGER, R., & Coppinger, L. (2002). *Dogs: A new understanding of canine origin, behavior and evolution*. University of Chicago Press.
- FUGAZZA, C., & Miklósi, Á. (2015). Social learning in dog training: The effectiveness of the Do as I do method compared to shaping/clicker training. *Applied Animal Behaviour Science*, 171, 146-151. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.08.033>
- FUGAZZA, C., Pogány, Á., & Miklósi, Á. (2016). Do as I... Did! Long-term memory of imitative actions in dogs (*Canis familiaris*). *Animal cognition*, 19(2), 263-269. <https://doi.org/10.1007/s10071-015-0931-8>
- GALLUP, G. G., Jr., Anderson, J. R., & Shillito, D. J. (2002). The mirror test. En M. Bekoff, C. Allen, & G. M. Burghardt (eds.), *The cognitive animal: Empirical and theoretical perspectives on animal cognition* (pp. 325-333). MIT Press.
- GALTON, F. (1865). The first steps towards the domestication of animals. *Transactions of the Ethnological Society of London*, 3, 122-138. <https://doi.org/10.2307/3014161>

- GERMONPRÉ, M., Sablin, M. V., Lázničková-Galetová, M., Després, V., Stevens, R. E., Stiller, M., & Hofreiter, M. (2015). Palaeolithic dogs and Pleistocene wolves revisited: A reply to. *Journal of Archaeological Science*, 54, 210-216. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.11.035>
- GUAGNIN, M., Perri, A. R., & Petraglia, M. D. (2018). Pre-Neolithic evidence for dog-assisted hunting strategies in Arabia. *Journal of Anthropological Archaeology*, 49, 225-236. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2017.10.003>
- HARE, B., Brown, M., Williamson, C., & Tomasello, M. (2002). The domestication of social cognition in dogs. *Science*, 298(5598), 1634-1636. DOI: 10.1126/science.1072702
- HEAD, E., Rofina, J., & Zicker, S. (2008). Oxidative stress, aging, and central nervous system disease in the canine model of human brain aging. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 38(1), 167-178. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2007.10.002>
- HOROWITZ, A. (2017). Smelling themselves: Dogs investigate their own odours longer when modified in an “olfactory mirror” test. *Behavioural processes*, 143, 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2017.08.001>
- HUBER, L., Range, F., & Virányi, Z. (2014). Dog Imitation and Its Possible Origins. En A. Horowitz (ed.), *Domestic Dog Cognition and Behavior* (pp. 79-100). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-53994-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-53994-7_4)
- JELBERT, S. A., Hosking, R. J., Taylor, A. H., & Gray, R. D. (2018). Mental template matching is a potential cultural transmission mechanism for New Caledonian crow tool manufacturing traditions. *Scientific Reports*, 8(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27405-1>
- KAMINSKI, J., Call, J., & Fischer, J. (2004). Word learning in a domestic dog: Evidence for “fast mapping”. *Science*, 304(5677), 1682-1683. DOI: 10.1126/science.1097859
- Landsberg Gm, Hunthausen W. I. and Ackerman, Lj. (2003). The Effects Of Aging On The Behavior Of Senior Pets. En Landsberg, Hunthausen And Ackerman (eds), *Handbook Of Behavior Problems Of The Dog And Cat*, pp. 269-304. Saunders Ltd.
- MADARI, A., Farbakova, J., Katina, S., Smolek, T., Novak, P., Weissova, T., Novak, M., & Zilka, N. (2015). Assessment of severity and progression of canine cognitive dysfunction syndrome using the CANine DEmentia Scale (Cades). *Applied Animal Behaviour Science*, 171, 138-145. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.08.034>
- MOSER, E., & McCulloch, M. (2010). Canine scent detection of human cancers: A review of methods and accuracy. *Journal of Veterinary Behavior*, 5(3), 145-152. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2010.01.002>
- NEILSON, J. C., Hart, B. L., Cliff, K. D., & Ruehl, W. W. (2001). Prevalence of behavioral changes associated with age related cognitive impairment in



- dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 218(11), 1787-1791. <https://doi.org/10.2460/javma.2001.218.1787>
- OSELLA, M. C., Re, G., Odore, R., Girardi, C., Badino, P., Barbero, R., & Bergamasco, L. (2007). Canine cognitive dysfunction syndrome: Prevalence, clinical signs and treatment with a neuroprotective nutraceutical. *Applied Animal Behaviour Science*, 105(4), 297-310. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.11.007>
- PAHL, M., Si, A., & Zhang, S. (2013). Numerical cognition in bees and other insects. *Frontiers in psychology*, 4, 162. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00162>
- PILLEY, J. W., & Reid, A. K. (2011). Border collie comprehends object names as verbal referents. *Behavioural processes*, 86(2), 184-195. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2010.11.007>
- PRICE, E. O. (1984). Behavioral aspects of animal domestication. *The quarterly review of biology*, 59(1), 1-32. <https://doi.org/10.1086/413673>
- RANGE, F., Jenikejew, J., Schröder, I., & Virányi, Z. (2014). Difference in quantity discrimination in dogs and wolves. *Frontiers in psychology*, 5, 1299. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01299>
- SCHILHAB, T. S. (2004). What mirror self-recognition in nonhumans can tell us about aspects of self. *Biology and Philosophy*, 19(1), 111-126. <https://doi.org/10.1023/B:BIPH.0000013249.23475.1f>
- SERPELL, J. A. (1989). Pet-keeping and animal domestication: a reappraisal. En J. Clutton-brock (ed.), *The walking larder: patterns of domestication, pastoralism, and predation*, pp. 10-21. Routledge london. <https://doi.org/10.4324/9781315746456>
- . (2021). Commensalism or cross-species adoption? A critical review of theories of wolf domestication. *Frontiers in Veterinary Science*, 8(April), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.662370>
- TRUT, L. N. (1999). Early canid domestication: The farm-fox experiment: Foxes bred for tamability in a 40-year experiment exhibit remarkable transformations that suggest an interplay between behavioral genetics and development. *American Scientist*, 87(2), 160-169. <http://www.jstor.org/stable/27857815>
- TRUT, L., Oskina, I., & Kharlamova, A. (2009). Animal evolution during domestication: The domesticated fox as a model. *Bioessays*, 31(3), 349-360. <https://doi.org/10.1002/bies.200800070>
- VIKARTOVSKA, Z., Farbakova, J., Smolek, T., Hanesla, J., Zilka, N., Hornakova, L., Humenik, F., Maloveska, M., Hudakova, N., & Cizkova, D. (2020). Novel diagnostic tools for identifying cognitive impairment in dogs: Behavior, biomarkers, and pathology. *Frontiers in Veterinary Science*, 7(551895), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.551895>



.4.

# COMPORTARSE CON SENTIDO: LA FUNCIÓN DE LOS SISTEMAS SENSORIALES EN PRIMATES NO HUMANOS

*Karem Guadalupe Sánchez Solano  
Carlos Eduardo Ramírez Torres*

Nada hay en la mente que no haya estado antes en los sentidos.  
ARISTÓTELES

Los primates son considerados extraordinarios exploradores, ya que utilizan estímulos auditivos, visuales, odoríferos, gustativos y táctiles provenientes de su entorno. Los sistemas sensoriales les permiten captar dichos estímulos y hacer la interpretación correcta de esta información en el encéfalo. Lo anterior les permite detectar y evaluar alimentos óptimos, identificar depredadores, seleccionar una pareja, entre otros comportamientos. Es por ello que percibir estos estímulos y asociarlos con lo que representan es de vital importancia en los procesos de evolución y adaptación de los primates no humanos a su entorno. Su sistema visual es uno de los más estudiados, pues se considera que es el sentido dominante, sobre todo en especies de hábitos diurnos,

ya que su visión les permite percibir los colores de forma similar a los humanos. El sistema auditivo, por su parte, juega un papel importante en su comunicación. Los sentidos químicos, como el gusto y el olfato, son fundamentales en la correcta selección y en el rechazo de alimentos con efectos perjudiciales para su salud. Finalmente, el tacto es un sentido poco estudiado en ellos y conocemos poco sobre el papel que desempeña en distintos comportamientos. El objetivo de este capítulo es explorar algunos estudios de cada uno de estos sistemas sensoriales en diferentes especies de primates y demostrar la importancia que tienen para la interacción con su entorno.

## CONOCIENDO A LOS PRIMATES

Son animales pertenecientes al grupo de los mamíferos que se diferencian de otros grupos por poseer cerebros complejos y de gran tamaño en relación con su cuerpo (Ankel-Simmons, 2007; Bolt, 2020). La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza 2021 (IUCN) reconoce hoy en día un total de 522 especies, las cuales han sido capaces de adaptarse a una gran variedad de hábitats. Por ejemplo, los monos araña (género *Ateles*) han colonizado las selvas neotropicales del continente americano (Di Fiore y Link, 2008); especies como colobos (género *Colobus*), monos patas (*Erythrocebus patas*) y babuinos (género *Papio*) pueden localizarse en manglares y bosques pantanosos de los continentes Africano y Asiático (Nowak, 2012); los lémures (superfamilia Lemuroidea) habitan bosques primarios y secundarios de Madagascar (Schwitzer *et al.*, 2007), mientras que los macacos japoneses (género *Macaca*) pueden habitar en pastizales, bosques costeros, mixtos y caducifolios nevados de Japón (Goro, 2004).

Gracias a la gran cantidad de estudios que se han centrado en entender cómo las capacidades sensoriales de los primates les permiten detectar estímulos provenientes de su entorno, se ha podido identificar que existen diferencias en la percepción del color en algunas especies, la capacidad de evaluar alimentos potenciales a través del tacto, del olfato y del gusto, o el uso de su sistema auditivo para la percepción de vocalizaciones especializadas. Lo anterior les ayuda a desplegar diversos comportamientos esenciales para su supervivencia dentro de los diferentes hábitats en los que se encuentren (Bolt, 2020; Dominy *et al.*, 2001; Leighton, 1993; Melin *et al.*, 2009; Peixoto *et al.*, 2018).

## USO DEL SENTIDO DE LA VISTA

A diferencia de la mayoría de las especies de mamíferos, los primates han evolucionado con la capacidad de percibir colores similares a como los perciben los humanos (Lucas *et al.*, 2003; Surridge *et al.*, 2003). La percepción del color les ayuda a interpretar información del entorno, como señales de cortejo, detección de depredadores o localización de alimentos a distancia (Changizi *et al.*, 2006; Dominy *et al.*, 2006; Saito *et al.*, 2005).

Para la percepción del color, es necesario que existan condiciones de gran luminosidad ambiental y la presencia de proteínas especializadas (opsinas) en los receptores visuales (conos; Yokoyama, 2000). La visión tricromata brinda la capacidad de percibir tres tipos de luz: roja, azul y verde (Surridge *et al.*, 2003; Yokoyama, 2000), lo que les permite reconocer una amplia gama de colores (Kelber *et al.*, 2003). Este mecanismo de percepción de color evolucionó gracias a la duplicación de un gen codificante de las opsinas en el cromosoma X que, con el paso del tiempo y pequeñas mutaciones, dieron lugar a la percepción de la luz verde-roja (Kawamura *et al.*, 2012). Este tipo de visión se encuentra tanto en machos como en hembras de monos del Viejo Mundo y grandes simios, los cuales habitan en los continentes africano y asiático, en humanos y en los monos aulladores (género *Alouatta*; Jacobs, 2007; Jacobs y Deegan, 1999).

Existen algunas teorías acerca del origen y la evolución de la tricromacía en los primates. Una de estas teorías propone que las variaciones del color de la piel desnuda, producto de los cambios en el flujo sanguíneo, proporcionan información visual sobre el estado emocional, reproductivo o de salud de los miembros de un grupo, por lo que la visión evolucionó para poder detectar estas variaciones de coloración en la piel (Changizi *et al.*, 2006; Hiramatsu *et al.*, 2017). No obstante, la teoría de la selección del alimento es quizá uno de las propuestas más sólidas acerca de la aparición de la tricromacía (Dominy *et al.*, 2006). Los primates herbívoros pueden localizar alimentos potenciales a distancias de 20 a 30 m, enfocándose en percibir frutos maduros coloridos (rojos, amarillos, naranjas) y hojas jóvenes, las cuales poseen coloraciones rojizas y verdes, lo que las diferencia de las hojas viejas (Dominy y Lucas, 2004; Melin *et al.*, 2017; Sánchez-Solano *et al.*, 2020; Smith *et al.*, 2003).

Un punto interesante de destacar es que no todos los primates ven de la misma forma. A diferencia de los primates del Viejo Mundo, los

primates del Nuevo Mundo y los lémures se caracterizan por poseer un sistema polimórfico del color, es decir, existen varias formas en las que se expresa el gen codificante de las opsinas, por lo que dentro de estos grupos existen individuos con visión tricrómata y otros con visión dicrómata (Jacobs, 2007). Los individuos con visión dicrómata presentan dos tipos de opsinas, una que capta la luz azul como base y otra que capta la luz verde o la roja, según sea el caso. A pesar de que la ausencia de una opsina los hace ciegos a los colores rojos o verdes, son capaces de detectar depredadores camuflados y, de esta manera, alertar al grupo (Saito *et al.*, 2005). Además, pueden detectar ciertos alimentos enmascarados por las coloraciones del follaje, como frutos que no cambian de color durante su proceso de madurez (verdes o marrón) o insectos bien camuflados (Melin *et al.*, 2007; 2009; Saito *et al.*, 2005).

## USO DEL SENTIDO DE LA AUDICIÓN

El sistema auditivo de la mayoría de los primates es capaz de percibir tonos bajos, es decir, de 125 Hz o menos (Heffner 2004). No obstante, se considera que los primates de gran tamaño, como los del Viejo Mundo, grandes simios y humanos, son capaces de percibir frecuencias (tonos de sonido) más bajas o graves que primates de menor tamaño. En contraste, primates de menor tamaño, como los monos del Nuevo Mundo, tarseros y estrepsirrininos, tienen rangos de audición más altos, algunos incluso emitiendo y percibiendo sonidos vocales ultrasónicos, es decir, por encima de las frecuencias del sonido audibles para los humanos (Ramsier *et al.*, 2012).

La habilidad adaptativa de percibir estímulos acústicos en primates se asocia a la orientación de sus ojos hacia adelante, lo cual hace que tengan un rango de visión más estrecho (Heffner, 2004; Kaas, 2005). De esta manera, al escuchar algún sonido inesperado, los primates pueden saber hacia qué dirección mover su cabeza para responder a dicho estímulo.

Los monos aulladores (*A. palliata*) utilizan las vocalizaciones para defender su territorio ante otros grupos y así evitar confrontaciones físicas (Asensio *et al.*, 2018; Da Cunha y Jalles-Filho, 2007), los monos cola roja (*Mandrillus sphinx*), los monos azules (*Cercopithecus mitis*) y los colobos rojos (*Ptilocolobus kirkii*) usan vocalizaciones específicas para alertar sobre la presencia de otros primates que puedan competir con ellos por algún recurso o ante la cercanía de depredadores (Hauser y Wrangham, 1990). Para el caso de especies de hábitos nocturnos, como el aye-aye

(*Daubentonia madagascariensis*), la percepción del sonido es fundamental para detectar presas ocultas, como insectos o larvas, en la corteza de los árboles (Sterling y McCreless, 2007).

Los primates utilizan su sistema auditivo para poder moverse a través de su entorno y, a diferencia de los humanos, aves cantoras y otros mamíferos, tienen pequeños repertorios vocales con poca modificación acústica durante su desarrollo. Sin embargo, su capacidad para modificar el uso de las llamadas es amplia, lo que implica que saben reconocer no solo qué especies generan los ruidos, sino que también reconocen a cada individuo (Bergman *et al.*, 2019; Cheney y Seyfarth, 2018; Heffner, 2004).

Las especies que viven en grupos sociales han aprendido a emitir llamadas que alertan a otros miembros del grupo sobre un depredador en específico y la dirección por la que se aproxima (vía terrestre o aérea; Bolt *et al.*, 2015). Los lémures cola anillada (*Lemur catta*), los monos capuchinos (*Cebus imitator*) y los cercopitecos vervet (*Chlorocebus pygerythrus*) son ejemplos de primates que realizan este tipo de vocalizaciones especializadas (Bolt *et al.*, 2015; Digweed *et al.*, 2015).

## USO DEL SENTIDO DEL TACTO

Las propiedades táctiles de los objetos son procesadas gracias a los receptores que responden a la vibración, las deformaciones mecánicas, el movimiento corporal, la presión, la temperatura y el dolor (Kaas, 1993). En primates, el sistema táctil está compuesto por la piel desnuda, la cubierta por pelo, y en la cavidad oral por medio de los dientes y las papilas filiformes que cubren la parte anterior de la lengua y que carecen de botones gustativos (Ankel-Simmons, 2007).

Este sentido está implicado en diversas funciones conductuales, como el agarre para la locomoción, la interacción social y la evaluación del alimento. Además, algunas especies de primates poseen un dedo pulgar oponible, lo que les da mayor fuerza y precisión de agarre (Ankel-Simmons, 2007; Hoffmann *et al.*, 2004).

Observaciones conductuales con chimpancés (*Pan troglodytes*), bonobos (*Pan paniscus*), monos silbadores (*Sapajus libidinosus*) y monos araña (*Ateles geoffroyi*) han reportado las destrezas que poseen a través del uso de sus manos para obtener, manipular y evaluar el alimento, al dar pequeños pellizcos y apretones con fuerza, además de exhibir un grado de control independiente de sus dedos (Fragaszy *et al.*, 2004; Marzke y Wullstein, 1996; Motes Rodrigo *et al.*, 2018). Además, se ha descrito el manejo de

herramientas para capturar insectos como hormigas y termitas, e incluso el uso de yunques para abrir nueces y conchas, lo que requiere una gran destreza manual y capacidad de resolución de problemas (Bentley-Condit y Smith, 2010; Fragaszy *et al.*, 2004; Visalberghi *et al.*, 2009).

El sistema táctil es importante dentro del comportamiento social de primates, ya sea por medio del contacto corporal prolongado (por ejemplo, descansando unos con otros) o por medio del acicalamiento (manipulación del pelaje usando dedos y dientes). Estos comportamientos especializados permiten mantener las relaciones intraindividuales y reducir los niveles de estrés de cada individuo (Dunbar, 2010). Debido a una mayor destreza manual en monos del Viejo Mundo, grandes simios e incluso en humanos, el acicalamiento es realizado usando un agarre de precisión índice-pulgar, mientras que los estrepsirrinos (como lémures, gálagos y loris) utilizan unas estructuras táctiles denominadas peines dentales (grupos de dientes inferiores frontales, alargados y orientados hacia afuera) para realizar el autoacicalamiento y el de los demás (Dunbar, 2010).

Estudios con monos araña, monos capuchinos, chimpancés, orangutanes (*Pongo pygmaeus*) y gibones (*Symphalangus syndactylus*) demuestran que estos primates palpan con sus dedos y manos y dan mordidas con los incisivos a los frutos, por lo que el sistema táctil es empleado para evaluar la dureza y la madurez de los frutos (Dominy *et al.*, 2016; Kinzey y Norconk, 1990; Markze y Wullstein, 1996; Pablo-Rodríguez *et al.*, 2015).

Se ha reportado una relación positiva entre la densidad de corpúsculos de Meissner (receptores táctiles) presentes en los dedos de los primates y el consumo de frutos, ya que aquellos que consumen menor cantidad de frutos, como los gelada (*Theropithecus gelada*), los papiones (*Papio* sp.), los langures plateados (*Trachypithecus cristatus*) y los colobos rojos (*Ptilocolobus badius*) presentan menor densidad de receptores táctiles en comparación con primates que incluyen mayor cantidad de frutos, como los gibones de mano blanca (*Hylobates lar*), los micos nocturnos (*Aotus* sp.) y los macacos (*M. radiata* y *M. mulatta*), por lo que los hábitos alimenticios pudieran influir en la sensibilidad táctil (Hoffmann *et al.*, 2004).

## USO DEL SENTIDO DEL OLFATO

Los primates poseen dos tipos de sistemas olfativos: el vomeronasal y el olfativo principal. El vomeronasal, a través del órgano vomeronasal



(VNO), juega un papel importante en la detección de feromonas emanadas por congéneres, las cuales cumplen funciones sociales (Liman e Innan, 2003). Y el olfativo principal parece tener mayor relevancia en la detección de compuestos volátiles asociados con la dieta, como alcoholes, ésteres o aldehídos (Barton, 2006; Laska y Hernández Salazar, 2015).

Mientras que todas las especies de primates poseen un sistema olfativo principal, el VNO está presente y es funcional en los prosimios y primates del Nuevo Mundo estudiados hasta ahora (Smith *et al.*, 2011). No obstante, en primates del Viejo Mundo, grandes simios y humanos carecen de un VNO completamente desarrollado (Smith *et al.*, 2001). El sentido del olfato está implicado en la defensa del territorio, la regulación del dominio social, la reproducción, la competencia en el apareamiento y la atracción de pareja. Se sabe que los primates dejan pistas odoríferas a través del marcaje por medio de la orina y de secreciones glandulares de las regiones genital, esternal y braquial, como se reporta en monos lanudos (*Lagothrix lagothicha*), sakís cariblancos (*Pithecia pithecia*), monos pichicos (*Saguinus fuscicollis*), titis (familia Cebidae), tamarines (familia Callitrichidae) y sifakas (*Propithecus candidus*) (Eckhard, 2006; Poirirer *et al.*, 2021; Roberts, 2012).

En el contexto de la alimentación, la percepción de aromas ayuda a los primates a valorar los alimentos. Estudios de laboratorio realizados con monos araña (*A. geoffroyi*), macacos cola de muñon (*M. nemestrina*) y monos ardilla (*Saimiri sciureus*) han demostrado que tienen una alta sensibilidad olfativa hacia odorantes asociados a frutos (ésteres alifáticos, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos), por lo que el olor puede actuar como una señal durante la inspección del alimento (Hübener y Laska, 1998; Laska *et al.*, 2003). Además, se ha demostrado que los monos araña tienen la capacidad de detectar frutos en mal estado, al detectar volátiles asociados a la presencia del moho (Peixoto *et al.*, 2018).

Los monos araña y los monos capuchinos utilizan con mayor frecuencia los comportamientos de olfateos durante la inspección de frutos crípticos (frutos que no cambian de color al madurar) respecto a los frutos coloridos, por lo que el olfato resulta ser un sentido importante en la evaluación de los frutos crípticos (Melin *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 2003). Observaciones con monos capuchinos reportan que la frecuencia de olfateos aumenta al incrementar la cantidad de compuestos volátiles producidos por los frutos maduros, con lo que se demuestra la importancia del sistema olfativo en la detección de compuestos odorantes en los alimentos (Melin *et al.*, 2019).

Finalmente, se ha demostrado que algunas especies de primates aumentan la frecuencia de olfateos al detectar el aroma asociado a depredadores, como el caso de los lémures ratón grises (*Microcebus murinus*) y los tamarinos de vientre rojo (*Saguinus labiatus*), por lo que evitan los sitios en donde se detectan estos aromas (Caine y Weldon, 1989; Sündermann *et al.*, 2008). Incluso se ha demostrado en primates, como monos araña, monos ardilla (*Saimiri sciureus*) y macacos, que estas especies son capaces de detectar compuestos volátiles que provienen de las secreciones de la glándula anal de los zorros rojos. Estos resultados indican que estas especies de primates pueden captar y responder a la presencia de animales que sean una posible amenaza, aun cuando no sean depredadores naturales para estos (Laska *et al.*, 2005).

## USO DEL SENTIDO DEL GUSTO

Los primates dependen de su sistema gustativo para seleccionar alimentos nutritivos y evitar toxinas que afecten su salud (Bolt, 2020). Poseen células receptoras llamadas papilas gustativas, las cuales se encuentran distribuidas en la lengua y en el paladar; estas permiten la percepción de las diferentes sustancias químicas provenientes del alimento. Dicha información se transmite al cerebro a través de los nervios gustativos, permitiendo hacer una interpretación de lo que está entrando al organismo a través de la boca (Ankel-Simmons, 2007; Bolt, 2020).

Las papilas gustativas obtienen información sobre sensaciones gustativas asociadas a compuestos dulces, salados, amargos, ácidos y umami, entre otros compuestos. Algunas especies de primates han mostrado afinidad hacia compuestos que son benéficos y han aprendido a asociar sus efectos. Por ejemplo, la presencia de ácidos, vitaminas, minerales y sales en concentraciones bajas en los alimentos son compuestos asociados a sensaciones gustativas saladas y ácidas; la presencia de proteínas (presentes en hojas e insectos) se asocia a sensaciones gustativas de tipo umami, y la presencia de azúcares solubles (como la fructosa, glucosa o sacarosa) en frutos y néctares se asocia a sensaciones descritas como dulces. Por lo tanto, la capacidad de percepción gustativa permite a los primates valorar el aporte energético y nutricional de los alimentos (Laska y Hernández Salazar, 2004; Nofre *et al.*, 1996).

Los primates muestran rechazo hacia compuestos potencialmente tóxicos, los cuales se asocian a sensaciones gustativas amargas-astringentes causadas por los metabolitos secundarios (taninos, alcaloides, terpenos,

flavonoides, etc.), presentes en las plantas y en los exoesqueletos de los insectos (Laska *et al.*, 2009). El consumo de altas concentraciones de estas sustancias tóxicas puede generar dolor estomacal, problemas digestivos en la asimilación de macronutrientes o ser letales al causar daño hepático y renal (Glander, 1982). Especies como orangutanes (*Pongo pygmaeus*), gorilas de montaña (*Gorilla beringei*), langures comunes (*Presbytis entellus*), monos aulladores (*Alouatta palliata*) y monos araña evitan consumirlas (Leighton, 1993; KarGupta y Kumar, 1994).

Estudios de laboratorio con macacos y monos ardilla (*S. sciureus*) han demostrado que son eficientes para la detección de compuestos amargos (Laska *et al.*, 2009; Nofre *et al.*, 1996). Por lo tanto, se plantea una posible adaptación en primates para detectar compuestos amargos en concentraciones lo suficientemente bajas para evitar la ingesta de cantidades potencialmente tóxicas (Laska *et al.*, 2009). Gracias a esta percepción gustativa hacia los compuestos amargos, los primates desarrollan conductas aversivas debido a complejas conexiones entre el sistema gustativo y la amígdala, la cual es una estructura multisensorial fundamental en los procesos emocionales y de memoria (Morales *et al.*, 2016).

## CONCLUSIÓN

Los primates dependen de sus sistemas sensoriales y de su capacidad para discriminar, interpretar y recordar cada estímulo que perciben y así, de esta manera, responder de manera eficaz a las señales provenientes de su entorno. El uso de cada uno de los sentidos les permite percibir señales asociadas a los alimentos, a los depredadores y a los individuos de su misma especie, las cuales son importantes dentro de los contextos alimenticios, de supervivencia y sociosexuales.

Debido a las variaciones genéticas ocurridas entre las diferentes especies de primates, hoy en día sabemos que dieron lugar a la evolución de la visión a color tricromata (percepción de la luz rojo-verde-azul) y dicromata (percepción de la luz azul-rojo o verde). Estos sistemas visuales altamente especializados y complejos permiten la captación de información instantánea del entorno y, a pesar de mostrar diferentes ventajas en la percepción del color, han demostrado ser funcionales, manteniéndose a lo largo de los años entre los diferentes grupos de primates.

Contrario a lo que se pensaba respecto a una disminución en la capacidad de percepción olfativa debido a la aparición de la visión a color en diferentes especies de primates no humanos, diversos estudios han

refutado esta hipótesis, ya que se ha demostrado que la mayoría de las especies de estos dependen del olfato para el reconocimiento químico de alimentos potenciales, de una pareja o de congéneres y en la detección de sitios con presencia de depredadores. El papel del sistema gustativo ha tomado mayor relevancia, pues gracias a este sentido los primates tienen la capacidad de detectar y valorar el alimento a través de los compuestos presentes en él, siendo un factor determinante para la ingesta de nutrientes y el rechazo de toxinas.

El sistema táctil de estos primates, aunque no ha sido ampliamente estudiado en comparación con los otros sentidos, es muy importante para realizar posturas de agarre dentro de la evaluación del alimento y en el complejo manejo de herramientas, gracias al control y al movimiento independiente de sus dedos. Finalmente, el sistema auditivo permite una eficiente captación de sonidos que ayuda a los primates en la comunicación con conspecíficos a alertarse ante el peligro y a evitar confrontaciones físicas al emitir vocalizaciones que pueden ser percibidas por otros grupos.

Gracias a que poseen ciertas características que los diferencian del resto de los mamíferos, tales como cerebros de mayor tamaño y complejidad que procesan la información del entorno de manera eficiente, manos con movimientos independientes de los dedos, pulgares oponibles, desarrollo de dentición, uñas en lugar de garras y ojos dirigidos hacia adelante, sus habilidades sensoriales están altamente desarrolladas, lo que les brinda ventajas adaptativas para sobrevivir en diversos hábitats.

Aunque hay un creciente interés por el estudio de los sistemas sensoriales en primates no humanos, todavía quedan interrogantes desde diversos enfoques fisiológicos, anatómicos, genéticos y conductuales para especies de hábitos nocturnos. Además, sería importante analizar el papel de los sistemas sensoriales en infantes y en juveniles para conocer cómo van optimizando el uso de los sentidos durante su desarrollo. Es necesario enfatizar más en análisis conductuales y fisiológicos de los sentidos químicos y del tacto ya que, si bien hoy en día empiezan a tomar mayor relevancia dentro de diversos estudios, siguen siendo menores las investigaciones en comparación con las realizadas sobre el sistema visual.

Por último, y debido al constante deterioro de los hábitats donde se encuentran los primates por causa de actividades humanas (tala, agricultura y ganadería, crecimiento poblacional y expansión de ciudades), sabemos poco de cómo es que estos están haciendo uso de sus capacidades sensoriales para adaptarse al constante cambio de sus entornos. Al

enfrentarse a bosques tropicales fragmentados o ciudades, deben afrontar la búsqueda de nuevos recursos alimenticios o inclusive ser capaces de detectar nuevos potenciales depredadores.

## REFERENCIAS

- ANKEL-SIMONS, F. (2007). *Primate Anatomy: An Introduction*. Academic Press. Third Edition. USA.
- ASENSIO, N., José-Domínguez, J. M., & Dunn, J. C. (2018). Socioecological factors affecting range defensibility among howler monkeys. *International Journal of Primatology*, 39, 90-10. <https://doi.org/10.1007/s10764-018-0016-z>
- BARTON, R. A. (2006). Olfactory evolution and behavioral ecology in primates. *American Journal of Primatology*, 68, 545-558. <https://doi.org/10.1002/ajp.20251>
- BENTLEY-CONDIT, V., & Smith. (2010). Animal tool use: current definitions and an updated comprehensive catalog. *Behaviour*, 147(2), 185-32A. <https://doi.org/10.1163/000579509X12512865686555>
- BERGMAN, T. J., Beehner, J. C., Painter, M. C., & Gustison, M. L. (2019). The speech-like properties of nonhuman primate vocalizations. *Animal Behaviour*, 229-237. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2019.02.015>
- BOLT, L. (2020). Primate sensory systems. En: J. Vonk, & T. K. Shackelford (eds.), *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*. Springer International Publishing, Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-47829-6\\_1864-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-47829-6_1864-1)
- BOLT, L., Sauther, M., Cuzzo, F., & Youssouf Jacky, I. A. (2015). Anti-predator vocalization usage in the male ring-tailed lemur (*Lemur catta*). *Folia Primatologica*, 86, 124-133. <https://doi.org/10.1159/000369064>
- CAINE, N. G., & Weldon, P. J. (1989). Responses by red-bellied tamarins (*Saguinus labiatus*) to fecal scents of predatory and non-predatory neotropical mammals. *Biotropica*, 21(2), 186-189. <https://doi.org/10.2307/2388709>
- CHANGIZI, M. A., Zhang, Q., & Shimojo, S. (2006). Bare skin, blood and the evolution of primate colour vision. *Biology letters*, 2(2), 217-221. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2006.0440>
- CHENEY, D. L., & Seyfarth, R. M. (2018). Flexible usage and social function in primate vocalizations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(9), 1974-1979. <https://doi.org/10.1073/pnas.1717572115>
- DA CUNHA, R. G. T., & Jalles-Filho, E. (2007). The roaring of Southern Brown howler monkeys (*Alouatta guariba clamitans*) as a mechanism of active defense of borders. *Folia Primatologica*, 78(4), 259-271. <https://doi.org/10.1159/000105545>

- DI FIORE, A., & Link, A. (2008). Effects of predation risk on the grouping patterns of spider monkeys. *Folia Primatologica*, 80(2), 125-125. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22230>
- DIGWEED, S., Rendall, D., & Fedigan, L. (2005). Variable specificity in the anti-predator vocalizations and behaviour of the white-faced capuchin. *Cebus capucinus. Behaviour*, 142, 997-1021. <https://doi.org/10.1163/156853905774405344>
- DOMINY, N. J., Lucas, P. W., Osorio, D., & Yamashita, N. (2001). The sensory ecology of primate food perception. *Evolutionary Anthropology*, 10(5), 171-186. <https://doi.org/10.1002/evan.1031>
- DOMINY, N. J., & Lucas, P. W. (2004). Significance of color, calories and climate to the visual ecology of catarrhines. *American Journal of Primatology*, 62, 189-207. <https://doi.org/10.1002/ajp.20015>
- DOMINY, N., Lucas, P. W., & Supardi, N. N. (2006). Primate sensory systems and foraging behavior. En G., Hohmann, M., Robbins, & C., Boesch (eds.), *Feeding ecology in apes and other primates: Ecological, physiological and behavioural aspects* (pp. 489-509). Cambridge University Press.
- DOMINY, N. J., Yeakel, J. D., Bhat, U., Ramsden, L., Wrangham, R. W., & Lucas, P. W. (2016). How chimpanzees integrate sensory information to select figs. *Interface Focus*, 6(3), 20160001. <https://doi.org/10.1098/rsfs.2016.0001>
- DUNBAR, R. (2010). The social role of touch in humans and primates: Behavioural function and neurobiological mechanisms. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34, 260-268. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.07.001>Get
- ECKHARD W. H. (2006). Scent marking strategies of new world primates. *American Journal of Primatology*, 68(6), 650-661. <https://doi.org/10.1002/ajp.20258>
- FRAGASZY, D., Izar, P., Visalberghi, E., Ottoni, E. B., & de Oliveira, M. G. (2004). Wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) use anvils and stone pounding tools. *American Journal of Primatology*, 64(4), 359-366. <https://doi.org/10.1002/ajp.20085>
- GLANDER, K. E. (1982). The impact of plant secondary compounds on primate feeding behavior. *American Journal of Physical Anthropology*, 25(3S), 1-18. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330250503>
- GORO, H. (2004). Diet of a Japanese macaque troop in the coniferous forest of Yakushima. *International Journal of Primatology*, 25 (1), 55-71. <https://doi.org/10.1023/b:ijop.0000014645.78610.32>
- HAUSER, M. D., & Wrangham, R. W. (1990). Recognition of predator and competitor calls in nonhuman primates and birds: A preliminary report. *Ethology*, 86(2), 116-130. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1990.tb00423.x>

- HEFFNER, R. (2004). Primate hearing from a mammalian perspective. *Anatomical Record*, 281, 1111-1122. <https://doi.org/10.1002/ar.a.20117>
- HIRAMATSU, C., Melin, A. D., Allen, W.L., Dubuc, C., & Higham, J. P. (2017). Experimental evidence that primate trichromacy is well suited for detecting primate social colour signals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284, 20162458. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2458>
- HOFFMANN, J. N., Montag, A. G., & Dominy, N. J. (2004). Meissner corpuscles and somatosensory acuity: the prehensile appendages of primates and elephants. *The anatomical record. Part A, Discoveries in molecular, cellular, and evolutionary biology*, 281(1): 1138-1147. <https://doi.org/10.1002/ar.a.20119>
- HÜBENER, F., & Laska, M. (1998). Assessing olfactory performance in an Old World primate, *Macaca nemestrina*. *Physiological Behavior*, 64(4), 521-527. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(98\)00099-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(98)00099-7)
- JACOBS, G. H., & Deegan, J. F. (1999). Uniformity of colour vision in old world monkeys. *Proceedings of the Royal Society London B*, 266, 2023-2028. <https://doi.org/10.1098/rspb.1999.0881>
- JACOBS, G. H. (2007). New world monkeys and color. *International Journal of Primatology*, 28(4), 729-759. <https://doi.org/10.1007/s10764-007-9168-y>
- KAAS, J. H. (1993). The functional organization of somatosensory cortex in primates. *Annals of Anatomy*, 175, 509-518. [https://doi.org/10.1016/S0940-9602\(11\)80212-8](https://doi.org/10.1016/S0940-9602(11)80212-8)
- KAAS, J. H. (2005). The evolution of visual cortex in primates. En J. Kremers. (ed.), *The Primate Visual System. A Comparative Approach* (pp. 267-280). Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- KARGUPTA, K., & Kumar, A. (1994). Leaf chemistry and food selection by common langurs (*Presbytis entellus*) in Rajaji National Park, Uttar Pradesh, India. *International Journal of Primatology*, 15(1), 75-93. <https://doi.org/10.1007/BF02735235>
- KAWAMURA, S., Hiramatsu, C., Melin, A. D., Schaffner, C. M., Aureli, F., & Fedigan, L. M. (2012). Polymorphic color vision in primates: evolutionary considerations. En H. Hirai, H. Imai, & Y. Go (eds.), *Post genome biology of primates* (pp. 93-120). Springer Science+Business Media, Tokyo.
- KELBER, A., Vorobyev, M., & Osorio, D. (2003). Animal colour vision: Behavioural tests and physiological concepts. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 78, 81-118. <https://doi.org/10.1017/s1464793102005985>

- KINZEY, W. G., & Norconk, M. A. (1990). Hardness as a basis of fruit choice in two sympatric primates. *American Journal of Physical Anthropology*, 81, 5-15. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330810103>
- LASKA, M., Hernández Salazar, L. T., & Rodríguez Luna, E. (2003). Successful acquisitions of an olfactory discrimination paradigm by spider monkeys (*Ateles geoffroyi*). *Physiology & Behavior*, 78, 231-329. [https://doi.org/10.1016/s0031-9384\(02\)00976-9](https://doi.org/10.1016/s0031-9384(02)00976-9)
- LASKA, M., Fendt, M., Wieser, A., Endres, T., Hernández Salazar, L. T., & Alfelbach, R. (2005). Detecting danger - or just another odorant? Olfactory sensitivity for the fox odor component 2,4,5-trimethylthiazoline in four species of mammals. *Physiology & behavior*, 84(2), 211-215. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2004.11.006>
- LASKA, M., Rivas Bautista, R. M. & Hernández Salazar, L. T. (2009). Gustatory responsiveness to six bitter tastants in three species of nonhuman primates. *Journal of Chemical Ecology*, 35(5), 560-571. <https://doi.org/10.1007/s10886-009-9630-8>
- LASKA, M., & Hernández Salazar, L. T. (2015). Olfaction in nonhuman primates. En R. L. Doty (ed.), *Handbook of olfaction and gustation* (Third edition, pp. 605-621). Wiley Blackwell, New York.
- LEIGHTON, M. (1993). Modeling dietary selectivity by Bornean orangutans: Evidence for integration of multiple criteria in fruit selection. *International Journal of Primatology*, 14(2), 257-313. <https://doi.org/10.1007/BF02192635>
- LIMAN, E. R., & Innan, H. (2003). Relaxed selective pressure on an essential component of pheromone transduction in primate evolution. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 100, 3328-3332. <https://doi.org/10.1073/pnas.0636123100>
- LUCAS, P. W., Dominy, N. J., Riba-Hernández, P., Stoner, K. E., Yamashita, N., Loría-Calderón, E., Peterser Pereira, W., Rojas Durán, Y., Salas Pena, R., Solis Madrigal, S., Osorio, D., & Darvell, B.W. (2003). Evolution and function of routine trichromatic vision in primates. *Evolution*, 57(11), 2636-2643. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2003.tb01506.x>
- MARZKE, M. W., & Wullstein, K. L. (1996). Chimpanzee and human grips: A new classification with a focus on evolutionary morphology. *International Journal of Primatology*, 17(1), 117-139. <https://doi.org/10.1007/BF02696162>
- MELIN, A. D., Fedigan, L. M., Hiramatsu, C., Sendall, C., & Kawamura, S. (2007). Effects of colour vision phenotype on insect capture by a free-ranging population of white-faced capuchins (*Cebus capucinus*). *Animal Behavior*, 73, 205-214. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2006.07.003>
- MELIN, A. D., Khetpal, V., Matsushita, Y., Zhou, K., Campos, F. A., Welker, B., & Kawamura, S. (2017). Howler monkey foraging ecology suggests



convergent evolution of routine trichromacy as an adaptation for folivory. *Ecology and Evolution*, 7(5), 1421-1434. <https://doi.org/10.1002/ece3.2716>

- MELIN, A. D., Nevo, O., Shirasu, M., Williamson, R. E., Garret, E.C., Endo, M., Sakurai, K., Matsushita, Y., Touhara, K. & Kawamura, S. (2019). Fruit scent and observer colour vision shape food-selection strategies in wild capuchin monkeys. *Nature Communications*, 10(2407), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10250-9>
- MIRANDA, M. I. (2012). Taste and odor recognition memory: the emotional flavor of life, *Reviews in the Neurosciences*. 23(5-6) 481-499. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2012-0064>
- MOTES, R. A., Ramírez Torres, C. E., Hernández Salazar, L. T., & Laska, M. (2018). Hand preferences in two unimanual and two bimanual coordinated tasks in black-handed spider monkey (*Ateles geoffroyi*). *Journal of Comparative Psychology*, 132(2), 220-229. <https://doi.org/10.1037/com0000110>
- NOFRE, C., Tinti, J. M., & Glaser, D. (1996). Evolution of the sweetness receptor in Primates. II. Gustatory responses of non-human primates to nine compounds known to be sweet in man. *Chemical Senses*, 21(6), 747-762. <https://doi.org/10.1093/chemse/21.6.747>
- NOWAK, K. (2012). Mangrove and peat swamp forests: Refuge habitats for primates and felids. *Folia Primatologica*, 83(3-6), 361-376. <https://doi.org/10.1159/000339810>.
- PABLO-RODRÍGUEZ, M., Hernández Salazar, L. T., Aureli, F., & Schaffner, C. A. (2015). The role of sucrose and sensory systems in fruit selection and consumption of *Ateles geoffroyi* in Yucatan, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 31(3), 213-219. <https://doi.org/10.1017/S0266467415000085>
- PEIXOTO, L., Hernández Salazar, L. T. & Laska, M. (2018). Olfactory sensitivity for mold-associated odorants in CD-1 mice and spider monkeys. *Journal of Comparative Physiology A*, 204(9-10), 821-833. <https://doi.org/10.1007/s00359-018-1285-x>
- POIRIER, A. C., Waterhouse, J. S., Watsa, M., Erkenswick, G. A., Moreira, L. A. A., Tang, J., Dunn, J. C., Melin, A. D., & Smith, A. C. (2021). On the trail of primate scent signals: A field analysis of callitrichid scent-gland secretions by portable gas chromatography-mass spectrometry. *American Journal of Primatology*, 83(3), 1-12. <https://doi.org/10.1002/ajp.23236>
- RAMSIER, M., Cunningham, A., Finneran, J., & Dominy, N. (2012). Social drive and the evolution of primate hearing. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B: Biological Sciences*, 367, 1860-1868. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0219>

- ROBERTS, S. C. (2012). On the relationship between scent-marking and territoriality in Callitrichid Primates. *International Journal of Primatology*, 33, 749-761. <https://doi.org/10.1007/s10764-012-9604-5>
- SAITO, A., Mikami, A., Kawamura, S., Ueno, Y., Hiramatsu, C., Widayati, K. A., Suryobroto, B., Teramoto, M., Mori, Y., Nagano, K., Fujita, K., Kuroshima, H., & Hasegawa, T. (2005). Advantage of dichromats over trichromats in discrimination of color-camouflaged stimuli in nonhuman primates. *American journal of primatology*, 67(4), 425-436. <https://doi.org/10.1002/ajp.20197>
- SÁNCHEZ SOLANO, K. G., Morales Mávil, J. E., Laska, M., Melin, A., & Hernández\_Salazar, L. T. (2020). Visual detection and fruit selection by the mantled howler monkey (*Alouatta palliata*). *American Journal of Primatology*, e23186. <https://doi.org/10.1002/ajp.23186>
- SCHWITZER, N., Randriatahina, G. H., Kaumanns, W., Hoffmeister, D., & Schwitzer, C. (2007). Habitat utilization of blue-eyed black lemurs, *Eulemur macaco flavifrons* (Gray, 1867), in primary and altered forest fragments. *Primate Conservation*, 22(1), 79-87. <https://doi.org/10.1896/052.022.0106>
- SMITH, A. C., Buchanan-Smith, H. M., Surrridge, A. K., Osorio, D., & Mundy, N. I. (2003). The effect of colour vision status on the detection and selection of fruits by tamarins (*Saguinus spp.*). *Journal of Experimental Biology*, 206, 3159-3165. <https://doi.org/10.1242/jeb.00536>
- SMITH, T. D., Siegel, M. I., & Bhatnagar, K. P. (2001) Reappraisal of the vomeronasal system of Catarrhine primates: ontogeny, morphology, functionality, and persisting questions. *Anatomical Record*, 265, 176-192. <https://doi.org/10.1002/ar.1152>
- SMITH, T. D., Garrett, E. C., Bhatnagar, K. P., Bonar, C. J., Bruening, A. E., Dennis, J. C., Kinzinger, J. H., Johnson, E. W., & Morrison, E. E. (2011). The vomeronasal organ of New World monkeys (Platyrrhini). *Anatomical Record*, 294, 2158-2178. <https://doi.org/10.1002/ar.21509>
- STERLING, E., & McCreless, E. (2007). Adaptations in the Aye-aye: A Review. En L. Gould, & M. Sauther. *Lemurs, Ecology and Adaptation* (pp. 159-184). Springer USA.
- SURRIDGE, A. K., Osorio, D., & Mundy, N. I. (2003). Evolution and selection of trichromatic vision in primates. *Trends in Ecology and Evolution*, 18(4), 198-205. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00012-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00012-0)
- SÜNDERMANN, D., Scheumann, M., & Zimmermann, E. (2008). Olfactory predator recognition in predator-naïve gray mouse lemurs (*Microcebus murinus*). *Journal of Comparative Psychology*, 122(2), 146-155. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.122.2.146>
- VISALBERGHI, E., Spagnoletti, N., Ramos da Silva, E. D., Andrade, F. R. D., Ottoni, E., Izar, P., & Fragaszy, D. M. (2009). Distribution of potential sui-

table hammers and transport of hammer tools and nuts by wild capuchin monkeys. *Primates*, 50, 95-104.

YOKOYAMA, S. (2000). Molecular evolution of vertebrate visual pigments. *Progress in Retinal and Eye Research*, 19, 385-419. [https://doi.org/10.1016/S1350-9462\(00\)00002-1](https://doi.org/10.1016/S1350-9462(00)00002-1)



.5.

# CREENCIAS POPULARES SOBRE COGNICIÓN Y EMOCIÓN EN REPTILES

*Mariel Almaguer-Azpeitia*

Cada individuo importa. Cada individuo tiene un papel que desempeñar.  
Cada individuo hace la diferencia.

JANE GOODALL

El número de especies estudiadas en psicología comparada, afortunadamente, ha ido en aumento; sin embargo, no se puede negar que existe una tendencia respecto de mamíferos y de aves (Matsubara *et al.*, 2017); esto ha dejado de lado a otros animales cuyo estudio nos permitiría tener una mejor comprensión de su cognición y de su emoción. Uno de los grupos de animales ignorado por muchos es, sin duda, el de los reptiles.

Pese a que en las últimas décadas los estudios en reptiles han incrementado considerablemente (Szabo *et al.*, 2020), por lo general son ignorados por las diversas áreas de investigación: cognición, emoción, conducta social e incluso en estudios relacionados con un ambiente adecuado a sus necesidades. Por ejemplo, Burghardt (2020) menciona que es común que la imagen que se tiene de ellos sea de seres sedentarios que operan como máquinas instintivas. Esta creencia que se tiene en ocasiones se debe a falta de información, y es problemática porque lleva a que se deje de lado el hecho de que son animales con complejidad y

plasticidad conductuales, lo que provoca ignorar la relevancia de su estudio, tanto para la psicología comparada como para la misma protección de los reptiles.

Por lo anterior, este capítulo tiene como objetivo recalcar la importancia de abordar algunas de las principales creencias populares en cuanto a la cognición y la emoción de los reptiles y resumir, de manera breve y general, los hallazgos que se han obtenido en el área. Para ello, nos centraremos únicamente en reptiles no aviares, tales como especies de tortugas, cocodrilos, tuátaras, lagartos y serpientes.

## CREENCIAS Y ACTITUDES SOBRE LOS REPTILES

Alves *et al.* (2012) han descrito que las percepciones hacia los reptiles suelen caracterizarse por ser extremistas, es decir, se pueden percibir como seres fascinantes o temibles. Esto va a variar dependiendo de las diferentes culturas y de las diversas relaciones y situaciones que los humanos hayan tenido con estos animales. Por ejemplo, en las culturas occidentales muchos reptiles son parte de una gran variedad de mitos, creencias, leyendas, y son asociados principalmente a características negativas; un caso popular es el de la serpiente: la pérdida del paraíso por Adán y Eva a causa de la astucia y la maldad de esta (Leeming, 2003).

Además de lo anterior, existen otros factores que contribuyen a tener una percepción errónea de ellos. Por un lado, Rivas y Burghardt (2002) consideran que esta visión tradicional se debe, en parte, a que como humanos percibimos e interpretamos limitadamente su comportamiento. Por otro lado, Whitehead y Certsam (2018) recalcan que el grado de sintiencia (la capacidad de sentir placer y dolor o no, ver más en Learmonth, 2020), incluyendo la complejidad cognitiva y la capacidad emocional, la empatía, el valor moral y la simpatía que la gente le atribuye a un animal, disminuyen dependiendo del grado en que la especie se diferencia filogenéticamente de los humanos. Aunado a esto, por mucho tiempo la comunidad científica no analizó profundamente la plasticidad conductual de los reptiles sino hasta décadas recientes (Burghardt, 2020).

En específico, Benn y colaboradores (2019) explican que los reptiles han sido popularmente considerados “conductualmente simples”, lo que provocó la falta de interés y de análisis de campo respecto de su comportamiento, sus procesos cognitivos, la complejidad de su conducta, su comportamiento social o de si tienen emociones o no. A con-

tinuación, abordaremos estos puntos para determinar lo que se sabe en realidad sobre los reptiles dentro de la psicología comparada.

## ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE ESTUDIAR A LOS REPTILES?

El estudio de los reptiles es esencial para entender su proceso de cognición. De acuerdo con Wilkinson y Huber (2012), los reptiles, las aves y los mamíferos evolucionaron de un ancestro amniótico común que vivió hace 280 millones de años, tiempo suficiente para dar paso a la divergencia evolutiva de capacidades y mecanismos diferentes, por lo que es probable que compartan comportamientos y procesos.

Para poder entender la evolución cognitiva, se requiere comparar las capacidades y habilidades cognitivas a través del reino animal (Matsubara *et al.*, 2017). Aunado a esto, el estudio de diferentes especies animales también permite probar hipótesis en el campo de la cognición que simplemente no se pueden establecer con mamíferos y aves (*e. g.* por sus patrones de desarrollo; Matsubara *et al.*, 2017).

Por otra parte, estudiar a los reptiles también nos permite protegerlos. La visión errónea que se ha tenido de ellos los pone en desventaja en comparación con los mamíferos, ya que también afectará la manera en que sean tratados; no creer que puedan sentir miedo, dolor o placer impedirá que se puedan prevenir estados negativos o promover los positivos; por ejemplo, asumir que todas las serpientes son venenosas y que atacan a la mínima provocación, o que los cocodrilos no tienen cuidado parental, lo que hace que sean percibidos con temor o con menor empatía (Lambert *et al.*, 2019). Veamos.

### **Los reptiles no tienen procesos cognitivos...**

Aunque solía creerse que los reptiles únicamente eran capaces de reacciones instintivas, conducta sumamente básica, e incluso se consideraban como “no inteligentes”, en la actualidad los hallazgos respecto a los procesos cognitivos de diferentes especies de ellos han ido aumentando. Se ha demostrado que tortugas, cocodrilos, lagartos y serpientes pueden resolver algunas de las tareas de aprendizaje tradicionales (Burghardt, 2020). Un ejemplo de ello es el trabajo de Szabo *et al.* (2020), quienes rescataron más de 90 estudios relacionados con el aprendizaje cognitivo en reptiles, el más estudiado hasta ahora, y en el que nos centraremos principalmente (para una revisión completa de sus habi-

lidades cognitivas se recomienda también leer el trabajo de Burghardt de 1977).

Se ha visto que son capaces de aprender, tanto de forma asociativa como no asociativa. En cuanto al aprendizaje no asociativo, se ha demostrado la habituación en lagartos (Rodríguez-Prieto *et al.*, 2011) y en serpientes de diferentes especies (Szabo *et al.*, 2020). Más específicamente, son capaces de habituarse a estímulos que producen respuestas antipredatorias a corto y largo plazos. Esto se ha visto en las serpientes neonatas (*Thamnophis sirtalis*), cuya respuesta hacia estímulos en movimiento puede habituarse, obteniendo una ventaja que les evita el gasto energético ante la depredación (Hampton y Gilligham, 1989), o en las serpientes boca de algodón (*Agkistrodon piscivorus*) adultas, que fueron capaces de habituarse a un depredador artificial, en este caso un brazo artificial de un humano (Gaudas, 2004). Sin embargo, falta aún por determinar si las diferencias que se han encontrado entre serpientes se deben a la medición de comportamientos y metodologías distintos.

Respecto del aprendizaje asociativo, se ha utilizado una gran variedad de procedimientos de entrenamiento de reptiles a través del condicionamiento instrumental y del clásico, aplicados tanto en zoológicos como en investigación. Estos entrenamientos pueden variar desde enseñar a quitar una tapa, hasta presionar botones de respuesta. En cuanto a tortugas Aldabra (*Aldabrachelys gigantea*), por ejemplo, se ha encontrado que son capaces de aprender a tocar un objetivo rojo o extender y levantar la cabeza para facilitar la extracción de sangre, lo que permite reducir el estrés durante el manejo veterinario (Weiss y Wilson, 2003). El entrenamiento para el manejo veterinario también se ha observado en cocodrilos del Nilo (*Crocodylus niloticus*) (Augustine y Baumer, 2012). Los lagartos caimanes (*Dracaena guianensis*) y las serpientes de Montpellier (*Malpolon monspessulanus*) también son capaces de aprender conductas novedosas (Hellmuth *et al.*, 2012; Gavish, 1979).

Otra de las habilidades cognitivas, y quizá la más estudiada, es la del aprendizaje espacial, proceso por el cual los animales codifican la información acerca de su entorno para facilitar la navegación, es decir, recordar los sitios donde encontraron estímulos motivacionalmente relevantes (Floresco, 2014).

Wilkinson y colaboradores (2007) encontraron en tortugas (*Chelonoidis carbonaria*, anteriormente *Geochelone carbonaria*), que estas ajustaban su estrategia de navegación de acuerdo con las señales visuales disponibles, lo que sugiere que las estrategias espaciales dependen de la información disponible más útil. Holtzman *et al.* (1999) también han estudiado ser-



pientes de maíz (*Elaphe guttata guttata*), documentando que estas podían aprender rápidamente la posición de un objeto oculto en una tarea de campo abierto al mostrarles una señal luminosa para navegar.

En lagartos, estas investigaciones se han hecho en diferentes especies (véase Wilkinson y Huber, 2012). Por ejemplo, las lagartijas “espinosas” (*Sceloporus poinsettii*) son capaces de recordar la localización de comida 24 horas después (Punzo, 2002). Este estudio demuestra que diferentes reptiles pueden dar respuestas basadas principalmente en señales visuales para poder encontrar un objetivo, y que podrían incluso usar estrategias similares en mapas espaciales para su navegación (Szabo *et al.*, 2020). Actualmente, pese a ser la habilidad más estudiada en reptiles en comparación a otras, el mecanismo que subyace al aprendizaje espacial sigue siendo poco claro (Wilkinson y Huber, 2012).

Finalmente, otra área estudiada ha sido la cognición visual. En la actualidad, se sabe que los reptiles pueden discriminar con base en el brillo, el color, la forma, el tamaño o la orientación (Wilkinson y Huber, 2012); tal es el caso de las tuátaras (*Sphenodon punctatus*), las cuales son capaces de discriminar entre una luz parpadeante y una constante (Woo *et al.*, 2009). Además, han mostrado tener aprendizaje inverso; en dichos experimentos se examina la flexibilidad del comportamiento, que consiste en presentarle al animal una tarea de discriminación visual; una vez aprendida esta, las contingencias se invierten y los reforzadores positivos ahora se asocian con el estímulo opuesto. Un ejemplo claro de este procedimiento es el que se observó en el trabajo de Galeema (2007) con dos especies de lagartos: (*Varanus rudicollis* y *Varanus komodoensis*). Se les realizó un procedimiento de dos opciones en el que tenían que discriminar entre un estímulo blanco y uno negro; los sujetos eran reforzados con alimento cuando se ponían en contacto con el estímulo blanco. Una vez aprendida la discriminación, ahora el estímulo reforzado sería el negro, y todos los sujetos mostraron poder invertir fácilmente su comportamiento de elección. El aprendizaje inverso también se ha observado en tortugas (Holmes y Bitterman, 1966) y en serpientes (Begun *et al.*, 1988).

Adicionalmente, los reptiles también podrían tener la capacidad de equivalencia (Szabo *et al.*, 2020), la cual implica reconocer que una imagen representa un objeto, una habilidad que, se ha sugerido, es cognitivamente demandante (DeLoache, 2004).

Como conclusión, se sabe un poco más de los fascinantes procesos cognitivos de los reptiles, algunos de ellos comunes con aves y mamíferos. Sin embargo, aún quedan una gran cantidad de preguntas por

responder, en especial sobre los procesos y mecanismos respecto de estos comportamientos, los cuales podrían no ser los mismos en otras especies de animales.

### **No tienen conducta social...”**

Los reptiles son generalmente percibidos como animales solitarios y “asociales” (Szabo *et al.*, 2020); esta visión, enfatiza Brattstrom (1974), en parte fue producto de que muchos de los primeros estudios en reptiles se llevaron a cabo en temperaturas ecológicamente irreales; el calor ambiental generalmente no era suficiente para que el animal pudiera calentarse a temperaturas corporales normales, lo cual impedía que manifestara un comportamiento real. Por otra parte, Brattstorm menciona que la orientación filogenética de muchos de los estudios ha provocado una tendencia a limitar las observaciones solo en ciertos aspectos del comportamiento de los reptiles, por ejemplo, describir diferencias entre especies de reptiles durante el cortejo o en actitudes de agresión.

Si bien, es cierto que la mayoría de las especies de reptiles no forman grupos como lo hacen mamíferos o aves, hay evidencia de que algunos reptiles no son necesariamente “asociales”. Se sabe que algunos de ellos se forman en grupos para tomar el sol (Amarello, 2012), crean territorios, pueden tener vecinos de territorios o formar grupos únicamente durante la temporada de apareamiento (Brattstrom, 1974). Otras investigaciones también han demostrado que algunas especies expresan cierta forma de cuidado parental por un determinado periodo de tiempo, por ejemplo, serpientes, particularmente pitones y serpientes de cascabel (Greene *et al.*, 2002). Alexander (2018) encontró que en la pitón africana (*Python natalensis*) las hembras reproductoras muestran cuidado parental hacia los recién nacidos, permaneciendo en el nido con ellos durante aproximadamente dos semanas después de la eclosión.

Además, se ha visto que otros pueden formar grupos familiares a largo plazo, como los lagartos de Australia (*Egernia*; Whiting y While, 2017). Las razones de mantenerse en grupo todavía no han sido exploradas, aunque es probable que esto se deba a razones ecológicas (*e. g.*, porque los refugios óptimos o los sitios de oviposición son limitados) o por los beneficios fisiológicos (*e. g.*, temperatura); sin embargo, algunos estudios han mostrado que los lagartos se agrupan en un refugio, a pesar de que se les ofrecen varios más (Graves y Duvall, 1995). Asimismo, Skinner y Miller (2020) encontraron que las serpientes de liga oriental

(*Thamnophis sirtalis sirtalis*) buscan activamente la interacción social, unirse a grupos, y prefieren grupos más grandes.

Por otro lado, recientes hallazgos han probado que los reptiles también pueden aprender de sus conespecíficos; en las tortugas de vientre rojo de Florida (*Pseudemys nelsoni*), Davis (2009) encontró que tomaban la misma elección de un demostrador durante una tarea de discriminación de brillo. Algo similar ocurrió con otras tortugas (*Chelonoidis carbonaria*) que viven de forma solitaria; de ellas se reportó que al observar a un conespecífico desviar una barrera, aprendieron la conducta para obtener una recompensa, mientras que el grupo que no tuvo dicha exposición no lo hizo (Wilkinson *et al.*, 2010). Estudios de este tipo han sido también replicados en seis diferentes especies de lagartos (Szabo *et al.*, 2020), sugiriendo que algunos reptiles, incluso no sociales, pueden aprender socialmente.

Por último, se ha hablado de lo aparentemente impensable: el juego entre reptiles jóvenes. Burghardt ha definido este como “un comportamiento repetido, incompletamente funcional que difiere de las versiones más serias estructural, contextual u ontogenéticamente, y se inicia voluntariamente cuando el animal se encuentra en un entorno relajado o de bajo estrés” (2005, p. 82). Bajo esta definición, Burghardt (2013) afirma haber observado la conducta de juego en una tortuga del Nilo (*Trionyx triunguis*), al golpear pelotas de baloncesto, botellas de plástico manipulaba aros, incluso jugaba al tira y afloja con sus cuidadores (Burghardt, 1998). Otros reportes en lagartos han mostrado que estos manipulan, sacuden y transportan objetos, buscan acercarse a sus cuidadores, trepan sobre ellos e incluso solicitan contacto físico.

### **Son animales fríos, sin emociones...**

De todas las concepciones que se tienen, quizá esta sea la más difícil de aclarar ya que la cantidad de información que se tiene es mínima. Pero ¿qué sabemos?

De acuerdo con Northcutt (2013), existen datos neurobiológicos que sugieren que las emociones están mediadas por el sistema límbico en el telencéfalo, una estructura que se encuentra en el cerebro de los reptiles. Además, Burghardt (2013) habla de su experiencia personal y asegura que él, junto con otros cuidadores de zoológicos, han observado que iguanas, tortugas y cocodrilos son capaces de reconocer a diferentes personas, acercarse para ser acariciados o tener contacto, así como disfrutar diferentes sensaciones, por lo que considera que la experiencia emocional en reptiles puede ser posible.

Por otro lado, el estudio de la experiencia emocional en diferentes animales se ha asociado a otros indicadores como, por ejemplo, el placer que sienten las iguanas (*Iguana iguana*) cuando se dirigen al área fría de su jaula por su alimento favorito, pero no por un alimento nutritivo y desagradable (Balasko y Cabanac, 1998). Otro indicador es que durante la manipulación de reptiles se presente la “fiebre emocional”, que es el incremento de la temperatura del cuerpo o del ritmo cardiaco cuando están bajo estrés (Cabanac y Cabanac, 2000; 2004). Es importante hacer notar que no hay razones para pensar que este tipo de datos estén asociados a una experiencia emocional en reptiles como ocurre en mamíferos, por lo que deben tomarse con precaución, especialmente por las pocas investigaciones en esta área.

En una revisión sobre estudios de emociones, Lambert *et al.* (2019) reportaron que hasta 2018 solo había tres artículos sobre ansiedad, dos sobre angustia, uno de emoción, cuatro de miedo, uno de frustración, 22 de dolor, cuatro de estrés y solo uno de sufrimiento. Subrayando que el estudio de la sintiencia de los reptiles era un área que no tenía atención.

Independientemente de ello, lo que sí es seguro es que el cuidado de los reptiles es de suma importancia; este debe continuar aun cuando no esté del todo demostrado si estos experimentan estados emocionales. Benn *et al.* (2019) proponen que los investigadores y cuidadores deben prestar atención a algunos indicadores conductuales indirectos de posibles estados afectivos en reptiles, incluyendo la conducta exploratoria, ya que algunos lagartos han demostrado tener curiosidad por objetos sin razón aparente (Burghardt, 2005), interacción social y juego y vocalizaciones, recientemente estudiados en reptiles (Brumm y Zollinger, 2017), expresiones faciales y conducta anticipatoria, que aún faltan por ser estudiadas en reptiles (Burghardt, 2013; Clegg, 2018).

Como nos hemos dado cuenta, aún queda mucho por explorar sobre los reptiles; quizá sea momento de que los investigadores enfoquen sus investigaciones en las áreas de cognición, emoción y comportamiento.

## CONCLUSIONES

Los reptiles son un grupo de animales muy diverso y sobre sus procesos de cognición y emoción, como vimos, poco se ha explorado. desconocimiento limita nuestra comprensión de estos, además de que nos lleva

a tener malentendidos y concepciones erróneas, las cuales ponen en riesgo el cuidado adecuado de los reptiles.

Al parecer, el error principal ha sido estudiarlos en condiciones fisiológicas no apropiadas para ellos; no obstante, también la falta de acceso a las especies y a la divulgación de los hallazgos profesionales parecen contribuir al problema. Los reptiles son animales con complejidad conductual, con procesos cognitivos, algunos con capacidad de interacción social, e independientemente de la poca o nula capacidad de emoción, es interesante analizarlos.

Este capítulo pretende aclarar algunas de las creencias erróneas y mostrar cómo el trabajar con reptiles puede proveer de nuevas e interesantes preguntas de investigación que los profesionales en el tema pueden tratar de responder. Es de suma importancia que se conozcan las condiciones fisiológicas y el repertorio conductual de los reptiles para obtener resultados confiables del estudio, y que esta misma información se utilice para cubrir las necesidades de los reptiles en cautiverio. Por todo lo anterior, es el momento de voltear a verlos y de darles atención a estas fascinantes criaturas de “sangre fría”.

## REFERENCIAS

- ALEXANDER, G. J. (2018). Reproductive biology and maternal care of neonates in southern African python (*Python natalensis*). *Journal of Zoology*, 305(3), 141-148. <https://doi.org/10.1111/jzo.12554>
- ALVES, R. R. N., Vieira, K. S., Santana, G. G., Vieira, W. L. S., Almeida, W. O., Souto, W. M. S., P. Montenegro, F. G. P., & Pezzuti, J. C. B. (2012). A review on human attitudes towards reptiles in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(11), 6877-6901. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2465-0>
- AMARELLO, M. (2012). Social snakes? Non-random association patterns detected in a population of Arizona black rattlesnakes (*Crotalus cerebrus*). Tesis de maestría, Arizona State University, Tempe. ASU Library. Digital Repository.
- AUGUSTINE, L., & Baumer, M. (2012). Training a Nile crocodile to allow for collection of blood at the Wildlife Conservation Society's Bronx Zoo. *Herpetological Review*, 43(3), 432-435.
- BALASKO, M., & Cabanac, M. (1998). Behavior of juvenile lizards (*Iguana iguana*) in a conflict between temperature regulation and palatable food. *Brain, Behavior and Evolution*, 52(6), 257-262. <https://doi.org/10.1159/000006570>

- BEGUN, D., Kubie, J. L., O'Keefe, P. M., & Halpern, M. (1988). Conditioned discrimination of airborne odors by garter snakes (*Thamnophis radix* and *T. sirtalis sirtalis*). *Journal of Comparative Psychology* 102(1), 35-43. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.102.1.35>
- BENN, A. L., McLelland, D. J., & Whittaker, A. L. (2019). A Review of welfare assessment methods in reptiles, and preliminary application of the Welfare Quality® Protocol to the pygmy blue-tongue skink, *Tiliqua adelaidensis*, using animal-based measures. *Animals*, 9(1), 1-22. <https://doi.org/10.3390/ani9010027>
- BRATTSTROM, B. H. (1974). The evolution of reptilian social behavior. *American Zoologist*, 14(1), 35-49. <https://doi.org/10.1093/icb/14.1.35>
- BRUMM, H., & Zollinger, S. A. (2017). Vocal plasticity in a reptile. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1855), 20170451. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0451>
- BURGHARDT, G. M. (1977). Learning processes in reptiles. En C., Gans, & D. W., Tinkle (eds.), *Biology of the reptilia* (pp. 555-681). Academic Press.
- BURGHARDT, G. M. (1998). The evolutionary origins of play revisited: Lessons from turtles. En M. Bekoff, & J. A. Byers (eds.), *Animal Play: Evolutionary, Comparative, and Ecological Perspectives* (pp. 1-26). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511608575.002>
- BURGHARDT, G. M. (2005). *The genesis of animal play: Testing the limits*. Mit Press.
- BURGHARDT, G. M. (2013). Environmental enrichment and cognitive complexity in reptiles and amphibians: Concepts, review, and implications for captive populations. *Applied Animal Behaviour Science*, 147(3-4), 286-298. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.04.013>
- BURGHARDT, G. M. (2020). Box B9: The learning repertoire of reptiles. En V. A. Melfi, N. R. Dorey, & S. J. Ward (eds.), *Zoo Animal Learning and Training* (pp. 227-230). John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118968543>
- CABANAC, A., & Cabanac, M. (2000). Heart rate response to gentle handling of frog and lizard. *Behavioural Processes*, 52(2-3), 89-95. [https://doi.org/10.1016/S0376-6357\(00\)00108-X](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(00)00108-X)
- CABANAC, A. J., & Cabanac, M. (2004). No emotional fever in toads. *Journal of Thermal Biology*, 29(7-8), 669-673. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2004.08.039>
- CLEGG, I. L. (2018). Cognitive bias in zoo animals: An optimistic outlook for welfare assessment. *Animals*, 8(7), 1-24. <https://doi.org/10.3390/ani8070104>
- DAVIS, K. M. (2009). Sociality, cognition and social learning in turtles (*Emydidae*). Tesis de doctorado, University of Tennessee. Trace Tennessee Research and Creative Exchange.

- DELOACHE, J. S. (2004). Becoming symbol-minded. *Trends in Cognitive Science*, 8(2), 66-70. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.12.004>
- GAALEMA, D. E. (2007). Food choice, reinforcer preference, and visual discrimination in monitor lizards (*Varanus* spp. Tesis de doctorado, Georgia Institute of Technology. Georgia Tech Library.
- GAVISH, L. (1979). Conditioned-response of snakes (*Malpolon monspessulanum*) to light (Reptilia, Serpentes, Colubridae). *Journal of Herpetology*, 13(3), 357-359.
- GLAUDAS, X. (2004). Do cottonmouths (*Agkistrodon piscivorus*) habituate to human confrontations? *Southeastern Naturalist*, 3(1), 129-138.
- GRAVES, B. M., & Duvall, D. (1995) Aggregation of squamate reptiles associated with gestation, oviposition, and parturition. *Herpetological Monographs*, 9,102-119. <https://doi.org/10.2307/1466999>
- GREENE H. W., May P. G., Hardy D. L., Sciturro J. M., & Farrell T. M. (2002) Parental behavior by vipers. En G. W. Schuett, M. Höggren, M. E. Douglas, & H. W. Greene (eds.), *Biology of the vipers* (pp. 179-206) Eagle Mountain Publishing LC.
- HAMPTON, R. E., & Gillingham, J. C. (1989). Habituation of the alarm reaction in neonatal eastern garter snakes. *Thamnophis sirtalis*. *Journal of Herpetology* 23(4), 433-435. <https://doi.org/10.2307/1564059>
- HELLMUTH, H., Augustine, L., Watkins, B., & Hope, K. (2012). Using operant conditioning and desensitization to facilitate veterinary care with captive reptiles. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 15(3), 425-443. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2012.06.003>
- HOLMES, P. A., & Bitterman. M. E. (1966). Spatial and visual habit reversal in the turtle. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 62(2), 328-331. <https://doi.org/10.1037/h0023675>
- HOLTZMAN, D. A., Harris, T. W., Aranguren, G., & Bostock, E. (1999). Spatial learning of an escape task by young corn snakes. *Elaphe guttata guttata*. *Animal Behaviour*, 57(1), 51-60. <https://doi.org/10.1006/anbe.1998.0971>
- FLORESCO, S. B. (2014). Spatial Learning in Animals. En I. P. Stolerman (ed.), *Encyclopedia of Psychopharmacology* (pp. 1259-1262). Springer.
- LAMBERT, H., Carder, G., & D'Cruze, N. (2019). Given the Cold Shoulder: A review of the scientific literature for evidence of reptile sentience. *Animals*, 9(10), 1-23. <https://doi.org/10.3390/ani9100821>
- LEARMONTH, M. J. (2020). The matter of non-avian reptile sentience, and why it “matters” to them: A conceptual, ethical and scientific review. *Animals*, 10(5), 901. <https://doi:10.3390/ani10050901>
- LEEMING, D. A. (2003). *From Olympus to Camelot: The world of European mythology*. USA: Oxford University Press.

- MATSUBARA, S., Deeming, D. C., & Wilkinson, A. (2017). Cold-blooded cognition: New directions in reptile cognition. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 16, 126-130. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.06.006>
- NORTHCUTT, R. G. (2013). Variation in reptilian brains and cognition. *Brain, behavior and evolution*, 82(1), 45-54. <https://doi.org/10.1159/000351996>
- PUNZO, F. (2002). Spatial associative learning in the crevice spiny lizard, *Sceloporus poinsettii* (Sauria: Iguanidae). *The Texas Journal of Science*, 54(1), 45-50.
- RIVAS, J., & Burghardt, G. M. (2002). Crotalomorphism: A metaphor for understanding anthropomorphism by omission. En M. Bekoff, C. Allen, & G. M. Burghardt (eds.), *The cognitive animal: Empirical and theoretical perspectives on animal cognition* (pp. 9-18). MIT Press.
- RODRÍGUEZ-PRieto, I., Martín, J., & Fernández-Juricic, E. (2011). Individual variation in behavioural plasticity: Direct and indirect effects of boldness, exploration, and sociability on habituation to predators in lizards. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1703), 266-273. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1194>
- SKINNER, M., & Miller, N. (2020). Aggregation and social interaction in garter snakes (*Thamnophis sirtalis sirtalis*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 74(5), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s00265-020-2827-0>
- SOMAWEERA, R., Webb, J. K., Brown, G. P., & Shine, R. (2011). Hatchling Australian freshwater crocodiles rapidly learn to avoid toxic invasive cane toads. *Behaviour*, 148(4), 501-517. DOI: 10.1163/000579511X565763
- SZABO, B., Noble, D. W., & Whiting, M. J. (2020). Learning in non-avian reptiles 40 years on: Advances and promising new directions. *Biological reviews*, 96(2), 331-356. <https://doi.org/10.1111/brv.12658>
- TERRICK, T. D., Mumme, R. L., & Burghardt, G. M. (1995). Aposematic coloration enhances chemosensory recognition of noxious prey in the garter snake *Thamnophis radix*. *Animal Behaviour*, 49(4), 857-866. <https://doi.org/10.1006/anbe.1995.0118>
- WEISS, E., & Wilson, S. (2003). The use of classical and operant conditioning in training Aldabra tortoises (*Geochelone gigantea*) for venipuncture and other husbandry issues. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 6(1), 33-38. [https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0601\\_03](https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0601_03)
- WILKINSON, A., Chan, H. M., & Hall, G. (2007). Spatial learning and memory in the tortoise (*Geochelone carbonaria*). *Journal of Comparative Psychology*, 121(4), 412-418. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.121.4.412>
- WILKINSON, A., Kuenstner, K., Mueller, J., & Huber, L. (2010). Social learning in a non-social reptile (*Geochelone carbonaria*). *Biology letters*, 6(5), 614-616. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0092>



- WILKINSON, A., & Huber, L. (2012). Cold-blooded cognition: Reptilian cognitive abilities. En T. K. Shackelford, & J. Vonk (eds.), *The Oxford handbook of comparative evolutionary psychology* (pp. 129-141). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199738182.013.0008>
- WHITEHEAD, M. L., & Certsam, B. (2018). Factors contributing to poor welfare of pet reptiles. *Testudo*, 8(5), 47-61.
- WHITING, M. J., & While, G. M. (2017). Sociality in lizards. En D. R. Rubenstein, & P. Abbot (eds.), *Comparative Social Evolution* (pp. 390-426.). Cambridge University Press.
- WOO, K. L., Hunt, M., Harper, D., Nelson, N. J., Daugherty, C. H., & Bell, B. D. (2009). Discrimination of flicker frequency rates in the reptile tuatara (*Sphenodon*). *Naturwissenschaften*, 96(3), 415-419.



.6.

# ENTRE GEA Y MNEMÓSINE, LA HISTORIA NO CONTADA: INFLUENCIA DEL AMBIENTE SOBRE EL APRENDIZAJE Y LA MEMORIA

*Daniel Salinas Velarde*

Nada de lo que sucede se olvida, incluso si ya no lo recuerdas...

HAYAO MIYAZAKI, *El viaje de Chihiro*, 2001

En la mitología griega, Gea es considerada diosa de la tierra o madre tierra, creadora de montañas, mares, ríos. Ella, junto con Urano, titán considerado el dios del cielo, procrearon a la primera generación de titanes y titánides de la mitología griega. De acuerdo con la *Teogonía* de Hesíodo, los hijos de Urano estaban furiosos con este ya que, cuando alguno estaba a punto de nacer, era retenido por su padre en el seno de su madre sin poder ver la luz, acto que le regocijaba al cruel titán. Gea, en su desesperación y a punto de explotar, obliga a sus hijos a rebelarse en contra de su padre y es Cronos, el menor de los hijos, quien arremete sin piedad en contra de su abominable padre, tomando la posición de

deidad suprema (Hesíodo, 2021). Esta acción tiene gran sentido e impacto en nuestro acontecer si lo vemos de la manera siguiente: las cosechas y las estaciones (Cronos) obedecen a las condiciones del entorno y al movimiento de la tierra (Gea), respectivamente, o, en otras palabras, “ciertos procesos naturales están altamente influenciados por el ambiente”.

Por otra parte, ¿qué sucedió con los demás titanes hijos de Gea? ¿Fueron influenciados por su madre al igual que Cronos? Mnemósine, diosa de la memoria, fue una de las titánides hijas de Gea y, aunque en la *Teogonía* no se menciona alguna otra relación, en el área de las neurociencias se puede observar que, en efecto, Mnemósine (la memoria) es altamente influenciada por Gea (el ambiente).

Los estudios de aprendizaje y memoria en modelos animales, generalmente, son evaluados en la edad adulta, ya que es durante esta etapa en la que se especula que los individuos poseen determinado nivel de maduración cerebral, lo cual les permite procesar de manera eficaz la información de los estímulos ambientales necesarios para el establecimiento de estos procesos cognitivos. Sin embargo, en la naturaleza los individuos están sujetos a diferentes presiones ambientales que tienen un gran impacto en el desarrollo y en el establecimiento de diversas conductas. Por tal motivo, es imprescindible hacer énfasis en las condiciones de su hábitat durante su desarrollo, ya que el ambiente en el que vive una especie es determinante para su desarrollo cognitivo y su respuesta conductual.

Muchos estudios han respaldado este hecho, refutando la antigua idea de que, al nacer, los individuos ya contaban con un cerebro apto para lidiar con las presiones ambientales (Cassilhas *et al.*, 2016). Por ejemplo, Charles Darwin, quien probablemente fue el primero en observar este hecho, describe que el ambiente tiene consecuencias directas en la anatomía y en la conducta; observó que los conejos en vida silvestre tenían cerebros más grandes que los domésticos que son alojados en una caja. Este hallazgo fue reformulado por Ramón y Cajal, quien postula que el aprendizaje y la experiencia de vida están relacionados con cambios cerebrales (Solinas *et al.*, 2010). A mediados del siglo pasado, el psicólogo Donald Hebb reportó, a manera de anécdota, que un grupo de hámsteres que adoptó como mascotas, después de cierto tiempo, mostraron mejoras conductuales en comparación con aquellos que mantuvo en el laboratorio (Van Praag *et al.*, 2000).

Es debido a D. Hebb que se propone el término de enriquecimiento ambiental, el cual se refiere a las condiciones de alojamiento que facilitan y aumentan la combinación de estímulos de carácter cognitivo y social,

los cuales provocan cambios cerebrales a niveles molecular y estructural y, como consecuencia, cambios conductuales (Nithianantharajah y Hannan, 2006). En el protocolo de enriquecimiento ambiental (figura 1), los individuos son alojados desde su destete hasta la edad adulta, ya que el cerebro es más susceptible a la estimulación ambiental durante la adolescencia (Bengoetxea *et al.*, 2012). Durante el alojamiento del protocolo los individuos son provistos de juguetes, túneles y rampas que varían en tamaño, forma y textura; también son expuestos a actividad física, estímulos sociales y cognitivos (Nithianantharajah y Hannan, 2006).

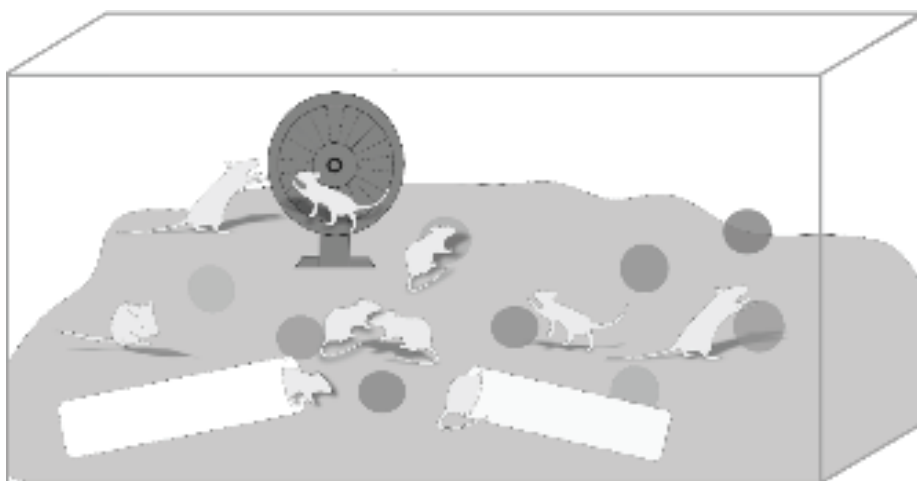


Figura 1. Configuración clásica del enriquecimiento ambiental en la que los individuos tienen libre acceso a ruedas para correr, juguetes y laberintos.

Pero ¿cómo es que exponer a un individuo a un ambiente novedoso produce cambios en su cerebro y en su conducta? Después de las observaciones de Hebb, los estudios con enriquecimiento ambiental empezaron a ser más frecuentes en modelos con animales, principalmente con roedores. En la década de los sesenta, el grupo de Rosenzweig observó que después de alojar a un grupo de roedores en enriquecimiento ambiental estos presentaban un aumento en el grosor de las cortezas cerebrales visual y motora (Diamond *et al.*, 1972). Unos años después, y con la ayuda de técnicas más finas, se demostró que los individuos alojados en enriquecimiento ambiental mostraban un aumento en la arborización dendrítica, así como en el número de cabezas dendríticas (Kolb, 2017) y un aumento en la longitud de sus neuronas (Leggio *et al.*, 2005). Estos hallazgos son parte de un proceso neuronal denominado plasticidad cerebral, término definido como la capacidad del sistema nervioso

de modificar su estructura y su función como resultado de una respuesta ante estímulos ambientales, sensitivos, procesos del neurodesarrollo o lesiones cerebrales (Kolb, 2017). Además de las modificaciones anatómicas, también se ha observado una serie de cambios conductuales en estos roedores, comparados con roedores alojados en ambientes de laboratorio estándar o en aislamiento. Por ejemplo, se ha observado que el alojamiento en enriquecimiento ambiental durante su adolescencia los protege de desarrollar conductas estereotipadas en su edad adulta, conductas caracterizadas por tasas de repetición altas y una aparente falta de función, las cuales se relacionan con disfunción de los ganglios basales (Gross *et al.*, 2012), y también tiene un impacto positivo en conductas relacionadas con la toma de decisiones (Zeeb *et al.*, 2013), es decir, aumenta la habituación de los individuos a entornos novedosos (Elliott y Grunberg, 2005) y disminuyen la búsqueda cuando son expuestos a psicoestimulantes o a consumo de drogas (Solinas *et al.*, 2008).

También se ha observado que el enriquecimiento ambiental no solo reduce las conductas relacionadas con el estrés/ansiedad en pruebas como la de laberinto elevado (Mahati *et al.*, 2016), sino también reduce los niveles de hormonas relacionadas con el estrés, como la corticosterona (Watanasriyakul *et al.*, 2019) y la hormona adrenocorticotrópica (ACTH; Belz *et al.*, 2003); esto se ve reflejado en el aumento de las conductas de exploración y en conductas motoras (Hatchard *et al.*, 2014).

A continuación, se abordarán estudios sobre cómo el alojamiento en enriquecimiento ambiental tiene un efecto positivo en procesos cognitivos como los relacionados con el aprendizaje y la memoria espacial, así como estudios sobre cómo el estrés los afecta de manera negativa.

De acuerdo con la literatura sobre el tema, el aprendizaje y la memoria se pueden almacenar con base en dos marcos de referencia espacial: allocéntrica y egocéntrica. El marco de referencia allocéntrica se caracteriza por la habilidad de un individuo de desplazarse usando señales distales y puntos de referencia localizados a cierta distancia del organismo (Vorhees y Williams, 2014). Por otra parte, el de referencia egocéntrica se caracteriza por la habilidad de desplazarse usando señales internas (Ruggiero *et al.*, 2016), por ejemplo, mediante la retroalimentación de los movimientos de las extremidades que determinan la tasa de movimiento (velocidad), dirección, giros y secuencia de giros (Vorhees y Williams, 2014). En conclusión, el aprendizaje y la memoria son de vital importancia para los organismos, ya que estos necesitan ser capaces de desplazarse en su nicho para satisfacer sus necesidades biológicas más

elementales como alimentarse, reproducirse, evitar depredadores y poder regresar a salvo (Vorhees y Williams, 2014).

En laboratorio, los modelos animales nos permiten observar los cambios que el ambiente puede producir en conductas relacionadas con el aprendizaje y la memoria, principalmente aportados por estudios en roedores. Por ejemplo, se ha observado que al alojar un grupo de ratones en enriquecimiento ambiental estos muestran una mayor retención de información espacial para encontrar una plataforma escondida en la prueba del laberinto acuático de Morris que los ratones alojados en ambiente estándar (Frick *et al.*, 2003).

En pruebas con el laberinto radial, un aparato de investigación que cuenta con un área central y entre cuatro o 10 brazos en donde los ratones y ratas pueden entrar y que se emplea para estudiar la memoria espacial y de trabajo. se ha observado que el número de visitas y el tiempo que se mantienen en los brazos donde se presentó una recompensa en menor en ratones. (Leggio *et al.*, 2005). También se ha observado que la memoria de reconocimiento, explicada en términos de retención de información a corto y largo plazos, es mayor en ratas alojadas en enriquecimiento ambiental en comparación con ratas en ambiente estándar (Bruehl-Jungerman *et al.*, 2005).

Es probable que la rápida adquisición y el uso flexible de la información espacial derivados del ejercicio proporcionado por el enriquecimiento ambiental sean procesos subyacentes a las mejoras en el desempeño conductual en las pruebas mencionadas anteriormente (Cassilhas *et al.*, 2016; Zentall, 2021). No obstante, el efecto del enriquecimiento no se limita a la conducta, también se han observado cambios químicos, celulares y moleculares de regiones cerebrales relacionadas con el aprendizaje y la memoria, como el hipocampo.

El hipocampo es una región altamente plástica y se localiza en el lóbulo temporal medial del sistema nervioso central y está asociado con la memoria espacial; además es una estructura central para la consolidación de la memoria declarativa (Cassilhas *et al.*, 2016) y se le ha identificado como la encargada en mediar la navegación allocéntrica y egocéntrica (Rinaldi *et al.*, 2020). En esta estructura se pueden distinguir diferentes subestructuras, como los cuernos de Ammon (CA1, 2 y 3) y el giro dentado (figura 2). El giro dentado es una estructura de gran importancia ya que, junto con la zona subventricular del ventrículo lateral, es donde se generan nuevas células, proceso denominado neurogénesis (Cassilhas *et al.*, 2016). Además, forma parte del circuito trisináptico, el cual se encarga del establecimiento de memorias a largo plazo (Rizzi *et al.*, 2011).

Este circuito inicia en la vía perforante de la corteza entorrinal, la cual envía sus axones hacia el giro dentado, que a su vez envía axones hacia la región CA3 y esta envía sus axones a CA1 (Olivares *et al.*, 2015). En este contexto, se ha observado que el enriquecimiento ambiental en roedores promueve la neurogénesis debido al aumento en tamaño de la capa granular y del número de células granulares en el giro dentado, lo cual está directamente relacionado con las mejoras conductuales en pruebas como la del laberinto acuático de Morris (Nilsson *et al.*, 1999).

Se ha observado que el enriquecimiento ambiental no solo promueve la neurogénesis en el giro dentado, sino también la sobrevivencia de estas nuevas neuronas y su integración a circuitos neuronales funcionales, promoviendo el aprendizaje espacial y la memoria (Bruel-Jungerman *et al.*, 2005). Aunado a esto, la neurogénesis inducida por el alojamiento en enriquecimiento ambiental está asociada con un aumento en la producción de linfocitos T, con la activación de la microglía (Ziv *et al.*, 2006) y con el aumento en la producción de factores neurotróficos como el derivado del cerebro, el factor de crecimiento neural y otras neurotrofinas (Ickes *et al.*, 2000). Por ello, se ha sugerido que la interacción entre linfocitos T, la microglía y los factores neurotróficos juegan un papel importante en la regulación del crecimiento, del desarrollo, de la diferenciación y de la sobrevivencia de diversas poblaciones celulares (Popova *et al.*, 2017).

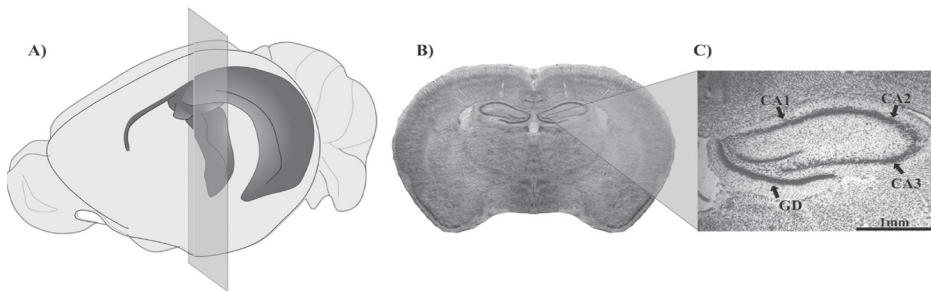


Figura 2. Plano sagital del hipocampo en el cerebro de rata (A), en plano coronal con el objetivo de 1.5x (B), y una ampliación con el objetivo de 4x en el que se observan las principales estructuras que conforman al hipocampo (C). CA = cuerno de Ammon, GD = giro dentado.

Respecto de los efectos negativos del estrés sobre los procesos de memoria y de aprendizaje, es importante resaltar que el hipocampo, al ser una estructura rica en receptores a glucocorticoides, es extremadamente reactivo al estrés: por lo tanto, la elevación en la concentración de glucocorticoides, derivada de las experiencias adversas en las primeras



etapas de vida de un individuo, pueden estar asociadas con enfermedades psiquiátricas como la esquizofrenia, la depresión, el desorden de personalidad, entre otras (Rule *et al.*, 2020). Además, se ha demostrado que el estrés está asociado con la disfunción del aprendizaje espacial y aumenta las conductas relacionadas con la ansiedad, lo cual está ligado con la hipertrofia del giro dentado (Mahati *et al.*, 2016).

Cuando el estrés se presenta de manera prolongada afecta procesos hipocampales que participan en el aprendizaje espacial, en la memoria de trabajo, como la disminución de la potenciación a largo plazo, la neurogénesis (Mahati *et al.*, 2016), así como la sobrevivencia y la maduración de nuevas neuronas (Rule *et al.*, 2020). También se ha observado que las concentraciones de los factores neurotróficos, como el factor de crecimiento derivado del cerebro y el factor de crecimiento endotelial vascular, disminuyen cuando el estrés se presenta de manera crónica, lo que repercute en la integridad del hipocampo y favorece el desarrollo de conductas relacionadas con la ansiedad y la depresión (Seong *et al.*, 2017). No obstante, el alojamiento en enriquecimiento ambiental es capaz de revertir los efectos negativos del estrés, por lo cual se pone en evidencia que dicho enriquecimiento puede ser una manera eficiente de preservar la salud cerebral y cognitiva (Cassilhas *et al.*, 2016).

El alojamiento en enriquecimiento ambiental también ha mostrado ser una terapia alternativa efectiva contra los efectos devastadores de enfermedades neurodegenerativas. Por ejemplo, el Alzheimer es una enfermedad neurodegenerativa en la que la acumulación del péptido amiloide  $\beta$  provoca pérdida neuronal en la corteza cerebral y en el hipocampo, y se ha reportado que los niveles en los depósitos de este péptido también disminuyen drásticamente en la corteza e hipocampo en crías de ratones transgénicos PS1 $\Delta$ E alojados en enriquecimiento ambiental, en comparación con ratones en ambiente estándar, debido a la alta actividad de la neprilisina, una endopeptidasa que degrada el péptido amiloide  $\beta$  (Lazarov *et al.*, 2005).

## CONCLUSIÓN

Hemos visto que el alojamiento en enriquecimiento ambiental es una condición que ejerce un efecto positivo en individuos “sanos”; no obstante, también se ha observado que puede retrasar los efectos negativos de algunas enfermedades neurodegenerativas asociadas con el declive de la memoria y otros procesos cognitivos. Estos estudios sugieren que el enriquecimiento ambiental en modelos animales proporciona un

blindaje neuronal o efecto neuroprotector contra los efectos devastadores de enfermedades neurodegenerativas. Por lo tanto, basándonos en estos hallazgos, y retomando el enunciado basado en la teogonía al principio de este capítulo, se puede sugerir que la memoria (Mnemósine) puede ser influenciada por el ambiente (Gea).

## REFERENCIAS

- BELZ, E. E., Kennell, J. S., Czambel, R. K., Rubin, R. T., & Rhodes, M. E. (2003). Environmental enrichment lowers stress-responsive hormones in singly housed male and female rats. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 76(3-4), 481-486. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2003.09.005>
- BENGOETXEA, H., Ortuzar, N., Bulnes, S., Rico-Barrio, I., Lafuente, J. V., & Argandoña, E. G. (2012). Enriched and deprived sensory experience induces structural changes and rewires connectivity during the post-natal development of the brain. *Neural Plasticity*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/305693>
- BRUEL-JUNGERMAN, E., Laroche, S., & Rampon, C. (2005). New neurons in the dentate gyrus are involved in the expression of enhanced long-term memory following environmental enrichment. *European Journal of Neuroscience*, 21(2), 513-521. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2005.03875.x>
- CASSILHAS, R. C., Tufik, S., & De Mello, M. T. (2016). Physical exercise, neuroplasticity, spatial learning and memory. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 73(5), 975-983. <https://doi.org/10.1007/s00018-015-2102-0>
- DIAMOND, M. C., Ingham, C. A., Johnson, R. E., Bennett, E. L., & Rosenzweig, M. R. (1976). *Effects of Environment on Morphology of Rat Cerebral Cortex and Hippocampus*. 7(1), 75-85. <https://doi.org/10.1002/neu.480070108>
- ELLIOTT, B. M., & Grunberg, N. E. (2005). Effects of social and physical enrichment on open field activity differ in male and female Sprague-Dawley rats. *Behavioural Brain Research*, 165(2), 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2005.06.025>
- FRICK, K. M., Stearns, N., Pan, J.-Y., & Berger-Sweeney, J. (2003). Effects of environmental enrichment on spatial memory and neurochemistry in middle-aged mice. *Learning & Memory*, 10(3), 187-198. <https://doi.org/10.1101/lm.50703>
- GROSS, A. N., Richter, S. H., Engel, A. K. J., & Würbel, H. (2012). Cage-induced stereotypies, perseveration and the effects of environmental enrichment in laboratory mice. *Behavioural Brain Research*, 234(1), 61-68. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2012.06.007>

- HATCHARD, T., Ting, J. J., & Messier, C. (2014). Translating the impact of exercise on cognition: Methodological issues in animal research. *Behavioural Brain Research*, 273, 177-188. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.06.043>
- HESÍODO (1978). Introducción, traducción y notas de Aurelio Pérez Jiménez y Alfonso Martínez Díez. Madrid: Gredos.
- ICKES, B. R., Pham, T. M., Sanders, L. A., Albeck, D. S., Mohammed, A. H., & Granholm, A. C. (2000). Long-term environmental enrichment leads to regional increases in neurotrophin levels in rat brain. *Experimental Neurology*, 164(1), 45-52. <https://doi.org/10.1006/exnr.2000.7415>
- KOLB, B. (2017). Brain Plasticity and Experience. En R. Gibb & B. Kolb (eds.), *The Neurobiology of Brain and Behavioral Development* (pp. 341-389). Academic Press.
- LAZAROV, O., Robinson, J., Tang, Y. P., Hairston, I. S., Korade-Mirnic, Z., Lee, V. M. Y., Hersh, L. B., Sapolsky, R. M., Mirnic, K., & Sisodia, S. S. (2005). Environmental enrichment reduces  $A\beta$  levels and amyloid deposition in transgenic mice. *Cell*, 120(5), 701-713. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2005.01.015>
- LEGGIO, M. G., Mandolesi, L., Federico, F., Spirito, F., Ricci, B., Gelfo, F., & Petrosini, L. (2005). Environmental enrichment promotes improved spatial abilities and enhanced dendritic growth in the rat. *Behavioural Brain Research*, 163(1), 78-90. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2005.04.009>
- MAHATI, K., Bhagya, V., Christofer, T., Sneha, A., & Shankaranarayana Rao, B. S. (2016). Enriched environment ameliorates depression-induced cognitive deficits and restores abnormal hippocampal synaptic plasticity. *Neurobiology of Learning and Memory*, 134, 379-391. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2016.08.017>
- NILSSON, M., Perfilieva, E., Johansson, U., Orwar, O., & Eriksson, P. S. (1999). Enriched environment increases neurogenesis in the adult rat dentate gyrus and improves in the adult rat dentate gyrus and improves spatial memory. *Journal of Neurobiology*, 39(June 1999), 569-578. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4695\(19990615\)39](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4695(19990615)39)
- NITHIANANTHARAJAH, J., & Hannan, A. J. (2006). Enriched environments, experience-dependent plasticity and disorders of the nervous system. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(9), 697-709. <https://doi.org/10.1038/nrn1970>
- OLIVARES-HERNÁNDEZ, J. D., Juárez-Aguilar, E., & García-García, F. (2015). El hipocampo: Neurogénesis y aprendizaje. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 15(1), 20-28.
- POPOVA, N. K., Ilchibaeva, T. V., & Naumenko, V. S. (2017). Neurotrophic factors (BDNF and GDNF). *Biochemistry*, 82(3), 308-317.

- RINALDI, A., De Leonibus, E., Cifra, A., Torromino, G., Minicocci, E., De Sanctis, E., López-Pedrajas, R. M., Oliverio, A., & Mele, A. (2020). Flexible use of allocentric and egocentric spatial memories activates differential neural networks in mice. *Scientific Reports*, 10(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68025-y>
- RIZZI, S., Bianchi, P., Guidi, S., Ciani, E., & Bartesaghi, R. (2011). Impact of environmental enrichment on neurogenesis in the dentate gyrus during the early postnatal period. *Brain Research*, 1415, 23-33. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.08.007>
- RUGGIERO, G., D'Errico, O., & Iachini, T. (2016). Development of egocentric and allocentric spatial representations from childhood to elderly age. *Psychological Research*, 80(2), 259-272. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0658-9>
- RULE, L., Yang, J., Watkin, H., Hall, J., & Brydges, N. M. (2020). Environmental enrichment rescues survival and function of adult-born neurons following early life stress. *Molecular Psychiatry*. <https://doi.org/10.1038/s41380-020-0718-4>
- SEONG, H.-H., Park, J.-M., & Kim, Y.-J. (2018). Antidepressive effects of environmental enrichment in chronic stress-induced depression in rats. *Biological Research for Nursing*, 20(1), 40-48. <https://doi.org/10.1177/1099800417730400>
- SOLINAS, M., Chauvet, C., Thiriet, N., El Rawas, R., & Jaber, M. (2008). Reversal of cocaine addiction by environmental enrichment. *PNAS*, 105(44), 17145-17150.
- SOLINAS, M., Thiriet, N., Chauvet, C., & Jaber, M. (2010). Prevention and treatment of drug addiction by environmental enrichment. *Progress in Neurobiology*, 92(4), 572-592. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2010.08.002>
- VAN PRAAG, H., Kempermann, G., & Gage, F. H. (2000). Neural consequences of environmental enrichment. *Nature reviews. Neuroscience*, 1(December), 191-198. <https://doi.org/10.1038/35044558>
- VORHEES, C. V., & Williams, M. T. (2014). Assessing spatial learning and memory in rodents. *ILAR Journal*, 55(2), 310-332. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilu013>
- WATANASRIYAKUL, W. T., Normann, M. C., Akinbo, O. I., Colburn, W., Dagner, A., & Grippo, A. J. (2019). Protective neuroendocrine effects of environmental enrichment and voluntary exercise against social isolation: Evidence for mediation by limbic structures. *Stress*, 22(5), 603-618. <https://doi.org/10.1080/10253890.2019.1617691>
- ZEEB, F. D., Wong, A. C., & Winstanley, C. A. (2013). Differential effects of environmental enrichment, social-housing, and isolation-rearing on a rat gambling task: Dissociations between impulsive action and risky decision-

making. *Psychopharmacology*, 225(2), 381-395. <https://doi.org/10.1007/s00213-012-2822-x>

ZENTALL, T. R. (2021). Effect of environmental enrichment on the brain and on learning and cognition by animals. *Animals*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/ani11040973>

ZIV, Y., Ron, N., Butovsky, O., Landa, G., Sudai, E., Greenberg, N., Cohen, H., Kipnis, J., & Schwartz, M. (2006). Immune cells contribute to the maintenance of neurogenesis and spatial learning abilities in adulthood. *Nature Neuroscience*, 9(2), 268-275. <https://doi.org/10.1038/nn1629>



# LA MEMORIA EN EL MUNDO: ANIMALES, PLANTAS Y OTROS ORGANISMOS

*J. Eduardo Reynoso Cruz  
Laura T. Hernández Salazar*

Lo recuerdo (yo no tengo derecho a pronunciar ese verbo sagrado, solo un hombre en la tierra tuvo derecho y ese hombre ha muerto) ...

JORGE LUIS BORGES

Los humanos hacemos uso cotidiano de información y de conocimiento de eventos que ocurrieron en el pasado para resolver problemas en nuestro presente. Por ejemplo, usamos las reglas lingüísticas aprendidas en nuestra formación escolar básica para poder leer este texto, o usamos nuestro conocimiento previo de la infancia para montar una bicicleta o andar en patines. En ambientes escolares, nuestros profesores nos piden memorizar información de eventos relevantes de la historia de nuestro país, o somos capaces de emocionarnos al recordar a nuestra persona favorita en este planeta. A esta capacidad los investigadores le han llamado memoria (Roedinger y McDermott, 2018; Tulving, 2000).

En otras especies animales, la memoria puede ser empleada para resolver diferentes problemas, por ejemplo, recordar dónde se encuentran los árboles que producen frutos y en qué estaciones del año están disponibles (Bracis *et al.*, 2015; Shettleworth, 1985;), o recordar los efectos nocivos de un alimento con el fin de evitar una intoxicación a futuro (Miranda, 2012). La memoria es un proceso indispensable para la supervivencia, especialmente cuando los organismos habitan entornos cam-

biantes pero que tienen ciertas regularidades, como el día y la noche, las estaciones del año o los periodos reproductivos.

Los primeros estudios sobre la memoria se realizaron en humanos (Bartlett, 1932; Ebbinghaus, 2013); sin embargo, otros organismos también tienen la necesidad de recordar eventos, estímulos o individuos con los que tuvieron contacto, por lo que animales, plantas, hongos e incluso organismos unicelulares (Calvo y Baluška, 2015; Witzany, 2018) poseen mecanismos que se podrían describir como memoria. El presente texto intentará mostrar un panorama general sobre la memoria y las manifestaciones que este puede tener en los diferentes reinos de la vida, comenzando con un breve recorrido histórico por las investigaciones en humanos y en animales, para finalizar describiendo algunos de los avances recientes en plantas, protistas y, probablemente, en el reino monera.

## LA MEMORIA: UNA BREVÍSIMA HISTORIA

Durante muchos años se asumió que la memoria era una capacidad exclusiva de los humanos. En 1885 German Ebbinghaus publica su primer trabajo titulado *Über das Gedächtnis. Untersuchungen zur experimentellen Psychologie* (*La memoria: una contribución a la psicología experimental*), el cual fue el primer reporte empírico sobre el tema. En este libro Ebbinghaus (2013) demostró que el paso del tiempo alteraba el recuerdo de información adquirida en el pasado, indicando una relación directamente proporcional entre el tiempo y el olvido, es decir, a mayor tiempo mayor olvido. Estudios posteriores (nuevamente en humanos) confirmaron los hallazgos de Ebbinghaus y poco a poco se fue acumulando evidencia de este tipo (Murre y Dros, 2015; Squire, 2004) y la mayor cantidad de información que se podía recordar; por ejemplo, en el trabajo clásico de Miller (1956) titulado *El mágico número  $7 \pm 2$*  se reportaba que la cantidad de estímulos que se pueden recordar oscila entre cinco y nueve. De igual forma, se investigaron diferentes estrategias empleadas para memorizar información, como la repetición (Hintzman, 1976) o estrategias mnemónicas más complejas (Worthen y Hunt, 2016).

Esta idea de la memoria como un proceso exclusivamente humano se vio reforzada con los primeros estudios que identificaban la participación del cerebro en esta, muchos de los cuales fueron de casos de pacientes con daño cerebral que mostraban serios problemas para generar recuerdos; entre ellos destaca el caso de Henry Molaison, mejor conocido como el paciente HM (Squire, 2009). Henry era incapaz de formar nuevas



memorias, esto debido a una cirugía donde se extirpó una porción de su lóbulo temporal (Pattanayak *et al.*, 2014) con la finalidad de reducir sus epilepsias, las cuales mostraron ser resistentes al tratamiento farmacológico.

Derivado de la investigación en humanos, se han propuesto clasificaciones de memoria centradas en la duración de esta: de corta duración y de larga duración. La primera hace referencia a la capacidad de recordar información por segundos o solo por algunos minutos, mientras que la de larga duración es la capacidad de recordar información por periodos largos, ya sea minutos, horas, días, y en algunas ocasiones toda la vida. En esta clasificación algunos fenómenos como la habituación, la sensibilización (aprendizaje no asociativo), el aprendizaje por condicionamiento clásico y por condicionamiento operante, forman parte de las memorias a largo plazo.

## ¿LA MEMORIA ES EXCLUSIVA DE LOS HUMANOS?

A la par de las investigaciones en humanos realizadas en las primeras décadas del siglo XX, un modesto grupo de investigadores comenzó a realizar las primeras investigaciones para demostrar que los animales también poseen memoria y, posiblemente, una similar a la que posee nuestra especie. Dentro de los estudios pioneros encontramos el trabajo de Hunter (1913), el cual realizó la primera comparación entre diferentes especies de animales e infantes humanos. En la tarea, Hunter colocó alimento o dulces en una de tres puertas; posteriormente, una luz se encendió en la parte superior indicando en qué puerta había sido colocado. Después de observar esta información, los animales y los infantes tuvieron que esperar hasta que se les permitió abrir una de las puertas; cabe destacar que la luz desaparecía una vez que los individuos la observaban, así que para poder encontrar la comida o los dulces era necesario recordar qué puerta se había encendido. Los resultados mostraron lo esperado para los infantes, estos podían recordar la puerta donde estaban colocados los dulces, pero al tener que esperar comenzaron al olvidar y abrieron las puertas incorrectas.

Sorprendentemente los animales también fueron capaces de recordar en qué puerta se había colocado el alimento, pero lo más impresionante fue que el recuerdo se vio afectado por la cantidad de tiempo que debían esperar para recuperar la comida. Durante demoras cortas los animales recordaron qué puerta se iluminó y abrieron el sitio correcto, mientras que al esperar por más tiempo comenzaron a abrir las puertas equivo-

cadras. Aunque actualmente estos resultados nos pueden parecer poco impresionantes, en su momento representaron la primera evidencia sobre la existencia de la memoria en los animales y mostraron que, al igual que los humanos, el recuerdo de los animales decae con el paso del tiempo. La investigación de Hunter también representó un cambio de perspectiva sobre la memoria, indicando que no es necesario un reporte verbal de lo que se recuerda, ya que las acciones de un animal (comportamiento) pueden indicar lo que se recuerda y lo que no.

Muchos estudios posteriores se dieron a la tarea de generar proyectos de investigación donde la memoria fue el objeto de estudio; la mayoría de ellos evaluaron el efecto que tenía el paso del tiempo sobre esta, involucrando cada vez más especies animales en los estudios (Altschul *et al.*, 2019; Tinklepaugh, 1932; Yerkes y Yerkes, 1928). Todos estos trabajos permitieron el reconocimiento de la memoria como un proceso necesario para los animales, lo que expandió la investigación en tipos de tareas, tipos de memoria y propuestas teóricas para explicar cómo es que todos los animales recuerdan.

El desarrollo de la investigación ha permitido que fenómenos complejos como la memoria episódica, la capacidad para recordar qué ocurrió, cuándo ocurrió y dónde ocurrió un evento (Crystal, 2010), la memoria prospectiva, que consiste en la capacidad de usar la memoria y generar cambios en el presente que afectaran el futuro (Crystal, 2013), la metamemoria, la cual es la capacidad de vigilar y saber qué es lo que se recuerda (Hampton, 2019), entre otros, fueran probados en diferentes especies de animales.

Aunque los estudios de memoria realizados en animales son comunes actualmente, los mamíferos y las aves son los grupos más estudiados; sin embargo, existen estudios que demuestran estas habilidades en especies con sistemas nerviosos más simples (*e. g.*, babosas de mar; Bédécarrats *et al.*, 2018). Las investigaciones en estas especies son relevantes, ya que son la prueba de algunas de las suposiciones que hacemos sobre la importancia del sistema nervioso y su organización. En estos estudios los insectos son un grupo de interés al tener sistemas nerviosos más simples comparados con los que presentan los mamíferos y las aves, por lo que investigarlos nos permitirá comprender si la complejidad cognitiva y la complejidad cerebral van de la mano.

Algunos estudios pioneros que identificaron características de la memoria fueron los estudios realizados en abejas de la miel por Karl von Frisch, uno de los padres de la etología. Von Frisch fue el primer investigador en identificar el sistema de comunicación de las abejas, el cual

consiste en una danza circular que permite compartir información con los miembros de la colonia (Von Frisch, 2016). Con la información recibida las abejas son capaces de desplazarse a los sitios donde se encuentran las flores de las que extraen néctar. La capacidad de memoria de las abejas es tan impresionante que pueden almacenar información sobre la posición espacial en donde se encuentran los sitios con mejores recursos (Greggers y Menzel, 1993).

La capacidad para recordar diferentes disposiciones espaciales ha llevado a los autores a proponer dos sistemas de memoria en las abejas. El primero, consistiría en un sistema de desplazamiento vectorial donde las abejas almacenan información de la distancia y la orientación angular de su desplazamiento (Menzel *et al.*, 1998). El otro sistema que se ha propuesto ha sido el de una representación mental en forma de mapa, donde las abejas recordarían los sitios de alimentación no solo a partir de las distancias y orientaciones; estas serían complementadas con información de referencias espaciales (Menzel *et al.*, 2005). Aunque parecieran ser sistemas de memoria mutuamente excluyentes, los datos indican que las abejas poseen y usan ambos, lo que les permite desplazarse eficientemente recordando información espacial por dos estrategias diferentes (Menzel *et al.*, 2006).

La investigación en animales ha demostrado sin lugar a dudas que los humanos no son los únicos organismos capaces de recordar eventos de su pasado. Por su parte, los estudios en insectos muestran que las capacidades de memoria, algunas bastante sorprendentes, se pueden encontrar incluso en sistemas nerviosos elementales. Estas observaciones nos indicarían que la memoria dota a los animales con la flexibilidad conductual necesaria para enfrentarse a los problemas de su entorno. Dado que la memoria es crucial y que la investigación en insectos indica que no es necesario un cerebro grande ni una organización neuronal compleja para recordar información del pasado, surge una pregunta crucial: ¿organismos que no tienen cerebro serán capaces de usar información del pasado?

## PLANTAS, PROTISTAS Y TAL VEZ ALGO MÁS

Estudios diversos en años recientes han demostrado que las plantas son capaces de expresar procesos y realizar cambios en su metabolismo que se asemejan mucho a lo que en animales denominamos cognición (Calvo *et al.*, 2020; Parise *et al.*, 2020; Segundo-Ortín y Calvo, 2019). Ejemplos de esto son los fenómenos de comunicación entre plantas a partir de

sistemas de señales químicas que se comparten a través de sus raíces (Hiltpold y Turlings, 2008; Novoplansky, 2019) o los sistemas de producción de compuestos químicos que se liberan en su entorno cercano como respuesta a la herbivoría y que al ser percibidos por las plantas cercanas les permiten modificar los químicos en sus hojas y prepararse en caso de ser atacadas (Karban *et al.*, 2014).

Tal vez una de las demostraciones más interesantes de las habilidades cognitivas de las plantas sea la demostración de su capacidad para aprender. En 1965, Holmes y Gruenber realizaron un experimento en la planta mimosa, una especie de planta tropical muy conocida por su mecanismo de defensa, el cual consiste en contraer sus hojas al recibir un estímulo táctil. La pregunta de estos investigadores fue: ¿las plantas de mimosa son capaces de habituarse a la presentación repetida de un estímulo? Para los lectores no especializados, la habituación es un tipo de aprendizaje donde una conducta decrece al presentar constantemente el estímulo que la evoca, siempre y cuando el estímulo no ponga en riesgo al organismo (Thompson, 2010). Los investigadores probaron la respuesta de habituación dejando caer una gota de agua sobre las hojas de la mimosa, logrando que después de varias repeticiones la caída de la gota de agua no generara la contracción de estas. Una prueba muy importante para determinar si realmente ocurrió habituación es exponer al organismo ante un nuevo estímulo; para ello, los investigadores tocaron con su dedo las hojas de las plantas de mimosa que ya no reaccionaban ante las gotas de agua y, sorprendentemente, las hojas se contrajeron nuevamente.

Este resultado, aunque parece poco impresionante, tiene un significado muy importante. En primer lugar, la habituación es un tipo de aprendizaje que es específico al tipo de estímulo, por lo que al recibir un estímulo nuevo y responder muestra que la reducción de la respuesta solo fue causada por la presentación constante de la gota de agua. La segunda razón de la importancia de esta prueba es que demuestra que la planta no evita contraer sus hojas por fatiga y que realmente puede discriminar el tipo de estimulación a la que ha sido expuesta. Aunque la habituación es un fenómeno de aprendizaje no asociativo, también se puede evaluar como un fenómeno de memoria, ya que las exposiciones del pasado modifican respuestas futuras, produciendo en los organismos una reducción paulatina del cierre de sus hojas. La especificidad de la habituación también es un indicador de memoria, ya que el organismo es capaz de retener información del estímulo al que se ha habituado,

y puede emplear esta información para responder o no (Thompson, 2010; Wagner, 1979).

Esta investigación y otras más realizadas posteriormente demuestran que, aunque en los animales el sistema nervioso juega un papel importante en el control y en la ejecución de los diferentes procesos cognitivos, otros organismos pudieron desarrollar capacidades cognitivas que no dependen de un sistema nervioso. De ser cierta esta afirmación, deberíamos observar otras capacidades de memoria en las plantas y, a su vez, en otros organismos sin sistema nervioso que podrían poseer memoria.

En la búsqueda de organismos sin un sistema nervioso que pudieran poseer memoria, un moho, el *Physarum polycephalu*, ha sido el siguiente candidato. Este moho es un organismo unicelular de cuerpo amarillo que pertenece al reino protista. En 2000 este moho ganó cierta atención en los medios al demostrar su capacidad para resolver diferentes laberintos y poder desplazarse de la entrada a la salida donde se encontraba una fuente de alimento (Nakagaki *et al.*, 2000), pero no fue sino hasta 2012 cuando los primeros experimentos demostraron su capacidad para la memoria espacial, un tipo de memoria donde los organismos pueden recordar el lugar en el que se encuentran los objetos o las relaciones espaciales de estos (Burgess, 2006). En el estudio liderado por Chris Reid (2012), dicho moho fue colocado en un laberinto en forma de Y. Al final de cada brazo se colocó una recompensa alimenticia. Los resultados de este experimento indicaron que el moho evitaba visitar los brazos donde ya se había alimentado. Esto lo lograba al poder identificar rastros de su pared extracelular, lo que le permitía no regresar a lugares visitados con anterioridad, lo que representaba una eficiente estrategia de alimentación.

Posteriormente, en 2016, un estudio publicado en la revista *Proceedings of the Royal Society* (Boisseau *et al.*, 2016) presentó evidencia que este moho es capaz de habituarse a la presencia de sustancias como la cafeína y la quinina. Estas sustancias son evitadas por el moho y causan una repuesta de alejamiento que se conoce con el nombre de quimiotaquia, por lo que la disminución paulatina del alejamiento a estas sustancias se consideró una repuesta de habituación. El experimento incluyó diversos controles experimentales que demostraban que la habituación se daba exclusivamente a la quinina o a la cafeína. Este estudio también agregó un descanso entre las fases, lo que produjo un fenómeno reportado comúnmente en estas manipulaciones, la recuperación espontánea de la respuesta habituada, en este caso los mohos se alejaron de nuevo ante

la presencia de la quinina o la cafeína, después de haber descansado por dos días (Boisseau *et al.*, 2016).

En otros reinos de la vida, como en el reino monera, aún está en discusión y todavía no hay un acuerdo en la comunidad científica si las conductas observadas en bacterias se podrían reconocer como memoria, ya que en estos organismos no se observan los cambios conductuales o metabólicos que se observan en un individuo, si no que es un fenómeno grupal y algunos de estos cambios no es posible verlos en el lapso de vida de un individuo, si no que estos se expresan en las generaciones futuras (Casadesús y D'Ari, 2002), por lo que la memoria en las bacterias tienen una relación muy importante y cercana con los mecanismos de herencia.

Un reporte reciente sobre la memoria en bacterias identificó que estas pueden generar cambios de permeabilidad en su membrana causados por la estimulación lumínica, y pueden heredar dichas predisposiciones a futuras generaciones (Yang *et al.*, 2020). Los resultados de este estudio señalan que estos cambios son similares a los que muestran las neuronas al adquirir información del medio y se consideran como un indicador fisiológico de la memoria, ya que los cambios de permeabilidad generan cambios en la actividad eléctrica de la neurona y en la liberación de neurotransmisores (Mahmud, 2018).

Esta capacidad de generar cambios estables en su fisiología confiere a las bacterias diferentes ventajas adaptativas, algunas de las cuales son contraproducentes para los humanos. Los estudios de memoria en bacterias utilizan colonias de bacterias como *pseudomonas aeruginosas*, *escherichia coli*, *bacillus subtilis*, entre otras, y se ha propuesto a estos cambios en las colonias como parte de los mecanismos encargados de la resistencia bacteriana (Miyae *et al.*, 2018).

## CONCLUSIÓN

La memoria es un proceso bien descrito en animales y humanos y del cual conocemos fenómenos generales que se repiten en todas las especies. Este conocimiento ha permitido generar modelos y teorías para explicar cómo funciona este proceso y también proponer hipótesis sobre cómo y con qué fin surgió. La investigación también ha permitido conocer las regiones anatómicas del SNC involucradas en el establecimiento de los recuerdos, además de la comprensión de los mecanismos fisiológicos que ocurren en cada neurona.

La extensión de la investigación a otros sistemas biológicos pone de manifiesto que las habilidades cognitivas no son exclusivas de los

animales, y plantea nuevas preguntas sobre el origen y el desarrollo de estas habilidades en plantas y otros reinos de la vida. El cambio de grupo de estudio, por ejemplo, de animales a plantas, nos lleva a reinterpretar nuestras definiciones y, por ende, la forma en la que planteamos que funcionan los procesos cognitivos. Mientras que en los animales la memoria es analizada en el comportamiento de un individuo, en las plantas el grado de análisis se centra en el metabolismo; sin embargo, en ambos grupos los eventos del pasado generan cambios que afectan la forma en que los organismos se enfrentan a su ambiente en el futuro.

La búsqueda de evidencias sobre las capacidades cognitivas en otras especies ha comenzado a romper poco a poco la hegemonía del cerebro como el único centro de procesamiento de información generador de la conducta, y abre la posibilidad a la búsqueda de otros mecanismos a partir de los cuales la vida sea capaz de adaptarse a su medio. Respecto de la generación de líneas de investigación, es un área muy fértil y donde los botánicos tienen mucho que aportar. Esto sin lugar a dudas repercutirá en la generación de proyectos de investigación y colaboraciones, lo cual representa una de las principales fortalezas no solo en las ciencias cognitivas, sino en la investigación.

Éticamente, la investigación de habilidades cognitivas en plantas y en otros reinos abre discusiones sobre el uso y la manera con la que interactuamos con los organismos de estos reinos, parte central del desarrollo de estándares, códigos éticos y lineamientos para el trato humanitario de los animales en investigación; en el ámbito civil, el reconocimiento de capacidades cognitivas en los animales, basado y logrado por la demostración empírica de estas habilidades. De confirmarse los hallazgos sobre las capacidades de memoria, y aunado a los descubrimientos sobre percepción y comunicación que hay en plantas y en reinos, será necesario replantearnos nuestra interacción con estos organismos. Esto será de crucial importancia dados los efectos del cambio climático, el cual está asociado a la pérdida de vegetación y al cambio de uso de suelo en diferentes regiones del planeta.

Respecto a las bacterias, la discusión ética sobre la posible existencia de procesos cognitivos se vuelve más compleja; al igual que nosotros, son organismos tratando de sobrevivir y de dejar descendencia, y no tenemos más derecho a habitar el planeta del que ellas tienen; sin embargo, su existencia es una amenaza latente a la supervivencia de nuestra especie. Conocer los posibles mecanismos cognitivos podría ser una manera en la que los humanos lleguemos a crear estrategias que nos permitan interactuar con las bacterias y con otros patógenos. La actual

pandemia causada por el virus SARS-CoV-2 ha puesto de manifiesto la urgencia de contar con información referente a los mecanismos de evolución y de adaptación de organismos potencialmente patógenos. Y será solo la investigación multidisciplinaria la estrategia más importante para seguir comprendiendo el mundo que nos rodea.

## REFERENCIAS

- ALTSCHUL, D. M., Beran, M. J., Bohn, M., Call, J., DeTroy, S., Duguid, S. J., Egelkamp, C. L., Fichtel, C., Fischer, J., Flessert, M., Hanus, D., Haun, D. B. M., Haux, L. M., Hernandez-Aguilar, R. A., Herrmann, E., Hopper, L. M., Joly, M., Kano, F., Keupp, S., Watzek, J. (2019). Establishing an infrastructure for collaboration in primate cognition research. *PLOS ONE*, 14(10), e0223675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223675>
- BARTLETT, F. C. (1932). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Cambridge University Press.
- BÉDÉCARRATS, A., Chen, S., Pearce, K., Cai, D., & Glanzman, D. L. (2018). RNA from trained aplysia can induce an epigenetic engram for long-term sensitization in untrained aplysia. *Eneuro*, 5(3). <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0038-18.2018>
- BOISSEAU, R. P., Vogel, D., & Dussutour, A. (2016). Habituation in non-neural organisms: Evidence from slime moulds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1829), 2-8. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0446>
- BRACIS, C., Gurarie, E., Van Moorter, B., & Goodwin, R. A. (2015). Memory effects on movement behavior in animal foraging. *PLOS ONE*, 10(8), e0136057. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136057>
- BURGESS, N. (2006). Spatial memory: How egocentric and allocentric combine. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(12), 551-557. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.10.005>
- CALVO, P., & Baluška, F. (2015). Conditions for minimal intelligence across eukaryota: A cognitive science perspective. *Frontiers in Psychology*, 6 (September), 2007-2010. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01329>
- CALVO, P., Gagliano, M., Souza, G. M., & Trewavas, A. (2020). Plants are intelligent, here's how. *Annals of Botany*, 125(1), 11-28. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz155>
- CASADESÚS, J., & D'Ari, R. (2002). Memory in bacteria and phage. *BioEssays*, 24(6), 512-518. <https://doi.org/10.1002/bies.10102>
- CRYSTAL, J. D. (2010). Episodic-like memory in animals. *Behavioural Brain Research*, 215(2), 235-243. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.03.005>



- CRYSTAL, J. D. (2013). Prospective memory. *Current Biology*, 23(17), R750-R751. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.07.081>
- EBBINGHAUS H. (2013). Memory: A contribution to experimental psychology. *Annals of Neurosciences*, 20(4), 155-156. <https://doi.org/10.5214/ans.0972.7531.200408>
- GREGGERS, U., & Menzel, R. (1993). Memory dynamics and foraging strategies of honeybees. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 32(1), 17-29. <https://doi.org/10.1007/BF00172219>
- HAMPTON, R. R. (2019). Metacognition and metamemory in non-human animals. En J. C. Choe (ed.), *Encyclopedia of animal behavior* (pp. 383-389). Elsevier Academic Press.
- HILTPOLD, I., & Turlings, T. C. J. (2008). Belowground chemical signaling in maize: When simplicity rhymes with efficiency. *Journal of Chemical Ecology*, 34(5), 628-635. <https://doi.org/10.1007/s10886-008-9467-6>
- HINTZMAN, D. L. (1976). Repetition and Memory. En G. Bower (ed.), *Psychology of Learning and Motivation - Advances in Research and Theory* (Vol. 10, Issue C, pp. 47-91). [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60464-8](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60464-8)
- HOLMES E., Gruenberg G. (1965). Learning in plants. *Worm Runner's Dig*, Vol. 7: 9-12.
- HUNTER, W. S. (1913). The delayed reaction in animals and children. *Animal Behavior Monographs*, 2, 86.
- KARBAN, R., Yang, L. H., & Edwards, K. F. (2014). Volatile communication between plants that affects herbivory: A meta-analysis. *Ecology Letters*, 17(1), 44-52. <https://doi.org/10.1111/ele.12205>
- MAHMUD, A. P. (2018). Membrane and its fleet: The vanguard of memory. *Research in Neuroscience*, 7(1), 1-5. <https://doi.org/10.5923/j.neuroscience.20180701.01>
- MENZEL, R., Geiger, K., Joerges, J., Müller, U., & Chittka, L. (1998). Bees travel novel homeward routes by integrating separately acquired vector memories. *Animal Behaviour*, 55(1), 139-152. <https://doi.org/10.1006/anbe.1997.0574>
- MENZEL, R., Greggers, U., Smith, A., Berger, S., Brandt, R., Brunke, S., Bundrock, G., Hulse, S., Plumpe, T., Schaupp, F., Schuttler, E., Stach, S., Stindt, J., Stollhoff, N., & Watzl, S. (2005). Honey bees navigate according to a map-like spatial memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(8), 3040-3045. <https://doi.org/10.1073/pnas.0408550102>
- MENZEL, R., De Marco, R. J., & Greggers, U. (2006). Spatial memory, navigation and dance behaviour in *Apis mellifera*. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 192(9), 889-903. <https://doi.org/10.1007/s00359-006-0136-3>

- MILLER, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81-97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- MIRANDA, M. I. (2012). Taste and odor recognition memory: The emotional flavor of life. *Reviews in the Neurosciences*, 23(5-6), 481-499. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2012-0064>
- MIYAUE, S., Suzuki, E., Komiyama, Y., Kondo, Y., Morikawa, M., & Maeda, S. (2018). Bacterial memory of persisters: Bacterial persister cells can retain their phenotype for days or weeks after withdrawal from colony-biofilm culture. *Frontiers in Microbiology*, 9(jun), 1-6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01396>
- MURRE, J. M. J., & Dros, J. (2015). Replication and analysis of Ebbinghaus' forgetting curve. *PLOS ONE*, 10(7), e0120644. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120644>
- NAKAGAKI, T., Yamada, H., & Tóth, Á. (2000). Maze-solving by an amoeboid organism. *Nature*, 407(6803), 470-470. <https://doi.org/10.1038/35035159>
- NOVOPLANSKY, A. (2019). What plant roots know? *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 92(april), 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2019.03.009>
- PARISE, A. G., Gagliano, M., & Souza, G. M. (2020). Extended cognition in plants: Is it possible? *Plant Signaling & Behavior*, 15(2), 1710661. <https://doi.org/10.1080/15592324.2019.1710661>
- PATTANAYAK, R., Sagar, R., & Shah, B. (2014). The study of patient Henry Molaison and what it taught us over past 50 years: Contributions to neuroscience. *Journal of Mental Health and Human Behaviour*, 19(2), 91. <https://doi.org/10.4103/0971-8990.153719>
- REID, C. R., Latty, T., Dussutour, A., & Beekman, M. (2012). Slime mold uses an externalized spatial "memory" to navigate in complex environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(43), 17490-17494. <https://doi.org/10.1073/pnas.1215037109>
- ROEDIGER, H. L., 3rd, & McDermott, K. B. (2018). Remembering what we learn. *Cerebrum: The Dana forum on brain science*, 2018, cer-08-18.
- SEGUNDO-ORTIN, M., & Calvo, P. (2019). Are plants cognitive? A reply to Adams. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 73, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2018.12.001>
- SHETTLEWORTH, S. J. (1985). Foraging, memory, and constraints on learning. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 443(1 Experimental), 216-226. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1985.tb27075.x>
- SQUIRE, L. R. (2004). Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82(3), 171-177. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2004.06.005>

- SQUIRE, L. R. (2009). The legacy of patient H.M. for neuroscience. *Neuron*, 61(1), 6-9. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2008.12.023>
- THOMPSON, R. F. (2010). Habituation. En *Encyclopedia of behavioral neuroscience* (pp. 1-5). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-045396-5.00138-X>
- TINKLEPAUGH, O. L. (1932). The multiple delayed reaction with chimpanzees and monkeys. *Journal of Comparative Psychology*, 13(2), 207-243. <https://doi.org/10.1037/h0072368>
- TULVING, E. (2000). Concepts of memory. En E., Tulving, & F. I. M., Craik (eds.), *The Oxford handbook of memory* (p. 33-43). Oxford University Press.
- VON FRISCH, K. (2016). Decoding the language of genetics. *Choice Reviews Online*, 53(08), 76-87. <https://doi.org/10.5860/CHOICE.195525>
- WAGNER, A. R. (1979). Habituation and memory. En A., Dickinson, & R. A., Boakes (eds.), *Mechanisms of Learning and Motivation: A Memorial Volume to Jerzy Konorski* (pp. 53-82). Lawrence Erlbaum Associates
- WITZANY G. (2018) Memory and learning as key competences of living organisms. En Baluska F., Gagliano M., & Witzany G. (eds.), *Memory and learning in Plants. Signaling and communication in plants* (pp. 1-16). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75596-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75596-0_1)
- WORTHEN, J. B., & Hunt, R. R. (2016). Mnemonic techniques: Underlying processes and practical applications. En J., Byrne (ed.), *Learning and memory: A comprehensive reference* (pp. 515-527). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809324-5.21063-8>
- YANG, C. Y., Bialecka-Fornal, M., Weatherwax, C., Larkin, J. W., Prindle, A., Liu, J., Garcia-Ojalvo, J., & Süel, G. M. (2020). Encoding membrane-potential-based memory within a microbial community. *Cell Systems*, 10(5), 417-423. e3. <https://doi.org/10.1016/j.cels.2020.04.002>
- YERKES, R. M., & Yerkes, D. N. (1928). Concerning memory in the chimpanzee. *Journal of Comparative Psychology*, 8(3), 237-271. <https://doi.org/10.1037/h0073804>



.8.

# MICHIS CAZADORES: IMPLICACIONES DE LA MEMORIA Y DEL APRENDIZAJE SOBRE LA CONDUCTA DEPREDATORIA DEL GATO DOMÉSTICO

*Isac Mella Méndez*  
*Rafael Flores Peredo*

El más pequeño felino es una obra maestra.

LEONARDO DA VINCI

Uno de los animales de compañía más popular entre los humanos es el gato doméstico (*Felis catus*), razón por la cual se encuentran distribuidos en prácticamente todo el mundo, con excepción de la Antártida, y cuyo origen filogenético se dio a partir del gato silvestre (*Felis silvestris*) (Crowley *et al.*, 2020). De acuerdo con la Federación Internacional Felina (FIFe) y la Asociación Internacional de Gatos (TICA), en el mundo existen entre 46 a 71 razas de gatos, desde el más pequeño, el singapura (con un peso que oscila entre 1.8 a 2.7 kg), al más grande, el maine (con un peso promedio de 11 kg). A pesar de su apariencia doméstica, su linaje felino lo ha dotado de una excelente visión nocturna, audición ultrasónica, garras filosas retráctiles y almohadillas silenciosas en las patas que le

permiten ser un eficiente depredador (Spotte, 2014). Aunque se creería que por el hecho de recibir alimento por parte de sus dueños no tendría necesidad de cazar su propia comida, es común observar que pueden depredar aves, ardillas, lagartijas, entre otras especies, muchas de las cuales son consumidas en el sitio de captura o llevadas a su hogar vivas o muertas.

En el contexto ecológico, esta depredación llevada a cabo por los gatos tiene importantes repercusiones negativas sobre las poblaciones de animales silvestres que habitan áreas naturales, así como también en áreas verdes urbanas como parques y jardines, donde la fauna silvestre puede verse atraída por recursos alimenticios y refugio. Basta mencionar que, actualmente, los gatos han afectado a 430 especies de vertebrados silvestres, de las cuales 63 ya fueron extintas en el mundo (Loss y Marra, 2017). Se considera que existen más de 600 millones de gatos en el planeta, por lo que es importante conocer, desde una perspectiva cognitiva, si su conducta depredadora está establecida de forma innata o si existe un proceso de aprendizaje y, si es así, la importancia de la memoria y los mecanismos involucrados para reducir su impacto.

## ¿CONDUCTA INNATA O APRENDIDA?

Desde la década de los treinta una pregunta que se han realizado diversos investigadores es si la conducta depredatoria en los gatos es aprendida o innata, ya que podría ser la clave para regular y reducir su comportamiento cazador antes de que aprendan a matar por observación o incluso poder establecer programas de condicionamiento para disminuir o extinguir esta conducta (Kuo, 1930). Los resultados mostraron que, aunque existen fuertes lazos motivacionales entre la conducta depredatoria y el hambre, la asociación con el consumo de la presa no es tan clara. De hecho, Turner y Meister (1988) encontraron que los gatos bien alimentados cazaban menos, pero no renunciaban a la cacería. Por lo tanto, se cree que el hambre y la motivación para cazar se encuentran bajo un control neurológico separado (Adamec, 1976). Otros autores no pudieron demostrar una correlación positiva entre la depredación y algunas variables, como su condición y masa corporal, número de alimentos al día, el sexo, la edad o si se encontraban esterilizados (Fettman *et al.*, 1997; Robertson, 1998).

En estudios experimentales se observó una tendencia similar: los gatos que eran alimentados de manera óptima dejaban de alimentarse

cuando se les presentaba a una presa (rata) para atacarla y matarla, e inmediatamente regresaban a su comida original (Adamec, 1976). Investigaciones recientes confirman esta tendencia, señalando que su conducta depredatoria no solo está relacionada con variables intrínsecas (e. g., hambre), sino que puede ser más importante el entorno (urbano o natural), la región geográfica donde se encuentren, el clima, el tipo de presas disponibles, así como el tiempo que pasan en el exterior, puesto que estas características aumentan la probabilidad de buscar y encontrar a sus presas (McDonald *et al.*, 2015).

## APRENDIZAJE DE LA CONDUCTA DEPRDATORIA

Antes de hablar sobre las implicaciones del aprendizaje en la conducta depredatoria de los gatos es importante subrayar su notable capacidad cognitiva, ya que se ha observado que a cualquier edad pueden aprender a resolver problemas o realizar una tarea observando a otro gato y luego emular su comportamiento (Adler, 1955). De hecho, el gato doméstico fue uno de los principales organismos que Edward Thorndike (1898) utilizó para estudiar cómo funciona el aprendizaje. En uno de sus experimentos, los gatos fueron colocados en varias cajas con una puerta que se abría tirando de un peso unido a ella. Se observó que los gatos se liberaban de las cajas por “prueba y error”, pero las respuestas que los liberaban comenzaron a ser más frecuentes, lo que llevó a Thorndike a plantear una propuesta sobre el aprendizaje llamada ley del efecto. Esta ley establece que las conductas seguidas de un evento agradable generan satisfacción y serán repetidas a futuro.

Este sistema de aprendizaje conocido como condicionamiento instrumental fue reevaluado más tarde por Burrhus Frederic Skinner, quien planteó la ley del refuerzo para describir el condicionamiento operante, donde se propusieron los reforzadores y castigos que, a su vez, se pueden clasificar en positivos y negativos (Abramson, 1994). En particular, un reforzador positivo es un estímulo (evento, conducta u objeto) cuya presentación contingente a una conducta da lugar a un aumento o a un mantenimiento de esta, mientras que un reforzador negativo es un estímulo cuya retirada incrementa la frecuencia de la respuesta por parte del sujeto. Por otro lado, el castigo positivo consiste en presentar un estímulo punitivo (aversivo) contingentemente a una conducta indeseable con el objetivo de reducirla o de eliminarla, mientras que el castigo negativo significa la retirada de un estímulo agradable cuando se emite dicha conducta indeseable.

A pesar de que la conducta depredatoria es innata en los gatos, existe un proceso ontogénico de aprendizaje y perfeccionamiento a través del tiempo. En este proceso, la madre juega un papel importante al llevar presas vivas o heridas a sus cachorros, o incluso matarlas y consumirlas frente a ellos. Gracias a esto, se ha demostrado que los gatos que observan cazar a sus madres cuando son cachorros son más eficientes practicando la misma conducta en su etapa adulta (Turner y Bateson, 2000), principalmente cuando se trata de presas pequeñas como ratones o pájaros (Caro, 1980). Por su parte, el ataque depredador de los cachorros puede verse modulado por factores como la motivación (hambre) cuando se les presenta una presa viva o muerta, la competencia entre hermanos de la camada, así como por el tamaño y la respuesta de la presa.

Durante la cuarta y quinta semanas de vida, los cachorros comienzan a detectar las presas sin necesidad de su madre, y a partir de la sexta semana empiezan a acechar e interactuar con sus presas. En la octava semana ya es habitual observar a los gatos exhibir la secuencia completa de cacería, donde: 1) el gato es motivado por estímulos auditivos y muestra interés, 2) seguido de visualizar a la presa y acercarse para, finalmente, 3) capturarla con ayuda de pistas visuales y olfativas (Rabot, 1994). En consecuencia, la decisión de atacar o de defenderse de una presa grande y potencialmente peligrosa cuando los gatos ya son adultos está fuertemente influenciada por las condiciones de crianza temprana. Asimismo, la elección de consumir finalmente a su presa puede estar determinada por el hambre o por la abundancia de recursos disponibles, por lo que es de esperarse que los gatos domésticos que viven con humanos y tienen hogar a menudo cazan, pero raramente consumen a sus presas, a diferencia de los gatos asilvestrados (ferales) que necesitan de ese recurso para subsistir.

## MEMORIA

Al igual que en la mayoría de los mamíferos, en los gatos hay estructuras cerebrales implicadas en los procesos de la memoria. De manera general, se sabe que los gatos tienen una excelente capacidad de memorización (Fiset y Doré, 2006), ya que ciertos estudios han mostrado su buena capacidad de reconocimiento visual (Okujav *et al.*, 2009), destacando su gran flexibilidad de codificación cerebral a partir de esta información. En condiciones experimentales se demostró que la memoria de un gato puede retener información hasta por 10 años (Spotte, 2014). Sin embargo, la convivencia y los cuidados del humano, así como los rasgos



individuales y la edad, pueden afectar la capacidad retentiva de esta. En etapas tempranas, los gatos cachorros pueden aprender y memorizar de manera más eficiente las habilidades de supervivencia, mismas que son captadas al observar a sus madres mientras cazan o al interactuar con otros gatos (Chesler, 1969). Sin embargo, al igual que el humano, en la etapa adulta el avance de la edad puede afectar significativamente la memoria de los gatos y provocar un debilitamiento, tanto de la capacidad de aprendizaje como de la memoria.

Fisiológicamente, el envejecimiento puede afectar la memoria a largo plazo al cambiar la forma en que el cerebro almacena la información y al dificultar la recuperación de la misma, ya que pierden células cerebrales a medida que envejecen, al igual que los humanos (Gläscher, 2009). Aunque no se han realizado estudios sobre los recuerdos de los gatos que envejecen, se especula que la memoria a corto plazo se ve más afectada por el envejecimiento. Además, durante el transcurso de su vida los gatos se ajustan fácilmente a su entorno actual porque adaptan sus recuerdos sobre los eventos de depredación anteriores, permitiendo que los gatos con experiencia en la cacería sean más precisos que los jóvenes inexpertos (Fitzgerald y Turner, 2000).

## ¿ELIMINAR O REDUCIR SU CONDUCTA DEPREDATORIA?

Ante el impacto negativo que los gatos han generado sobre la fauna silvestre, además de las molestias ocasionadas a sus dueños a causa de la depredación, se han planteado algunas propuestas para tratar de reducirlo o eliminarlo. Uno de los enfoques ha sido tratar de extinguir la conducta depredatoria por medio de terapias y de entrenamientos utilizando el contracondicionamiento. Esta técnica se basa en el condicionamiento operante mediante el uso de castigos positivos, asociando el acto depredatorio con un estímulo desagradable (Mentzel, 2016). Por ejemplo, se ha sugerido que cuando un gato lleve una presa al hogar se rocíe su hocico con agua fría o se unte la presa con algo amargo (los gatos tienen una gran capacidad para percibir el sabor amargo). Esto causará náuseas o sensaciones incómodas, desalentando dicha conducta a futuro. Sin embargo, al ser una conducta innata, como ya se describió previamente, es un proceso difícil y no siempre da buenos resultados.

Poco se sabe sobre el efecto que tiene el enriquecimiento ambiental para reducir la depredación por gatos. De hecho, jugar o estimular a los

gatos con movimientos rápidos con las manos o pies puede fomentar el instinto de captura (Chávez-Contreras, 2016). Lo que se sugiere es establecer un programa de socialización temprana para que estos se habitúen al contacto humano, además de incorporar elementos sensoriales, físicos, ocupacionales y cognitivos que disminuyan su ansiedad, permitiendo que dediquen un mayor tiempo en actividades en el interior del hogar y eviten el exterior donde se encuentran sus presas potenciales.

Lejos de tratar de eliminar o de reducir una conducta innata tan fuerte como es la depredación, se debe tratar de evitar su acercamiento hacia sus presas. Esto se ha logrado con la ayuda de algunos dispositivos ultrasónicos que emiten un sonido similar al canto de alarma de las aves (Nelson *et al.*, 2005) o con el uso de collares coloridos que alertan la presencia de un depredador a especies con buena capacidad visual como los reptiles y las aves (Hall *et al.*, 2015). Sin embargo, existe poco interés en los dueños de gatos para colocar estos dispositivos a sus mascotas, ya que no perciben la depredación de fauna como algo negativo o porque les parecen incómodos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Si bien la conducta depredatoria de los gatos fue atenuada a lo largo de su proceso de domesticación, es un rasgo latente que puede motivarlos a cazar, aunque estén bien alimentados. Además, existen importantes componentes del aprendizaje y de la memoria que permiten perfeccionar esta conducta desde sus primeros días de vida. Por lo tanto, sería de poco provecho esforzarse en eliminar una conducta a través de entrenamiento y técnicas de condicionamiento operante. En consecuencia, se sugiere reducir el tiempo que los gatos pasan en el exterior de su hogar, o en su defecto colocarles dispositivos visuales y sonoros que puedan alertar de su presencia a la fauna silvestre y esta, con ello, tenga más posibilidades de escapar.

En el presente documento se describió la conducta depredatoria y su relación con el aprendizaje y los aspectos evolutivos. Sin embargo, esta conducta también puede analizarse desde un enfoque ecológico al describir las especies más afectadas y sus repercusiones poblacionales. De la misma manera puede hacerse desde un enfoque etológico mediante la asociación de sus rasgos intrínsecos con las tasas de depredación. Además, debido a que los gatos son uno de los principales animales de compañía del humano, es importante incluir el componente social, describiendo las actitudes de sus dueños ante sus impactos y la aceptación

de las diferentes estrategias antidepredatorias (Crowley *et al.*, 2019). Al incorporar todos estos enfoques se puede comprender con mayor profundidad la complejidad y las consecuencias de esta conducta y mejorar los programas de manejo de gatos domésticos y ferales que ayuden a mitigar su impacto en las especies silvestres.

## REFERENCIAS

- ABRAMSON, C. I. (ed.) (1994). Instrumental and operant conditioning. *A primer of invertebrate learning: The behavioral perspective* (pp. 149-170). American Psychological Association.
- ADAMEC, R. E. (1976). The interaction of hunger and preying in the domestic cat (*Felis catus*): An adaptive hierarchy? *Behavioral Biology*, 18, 263-272. [https://doi.org/10.1016/S0091-6773\(76\)92166-0](https://doi.org/10.1016/S0091-6773(76)92166-0)
- ADAMEC, R. E., Stark-Adamec, C., & Livingston, K. E. (1980). The development of predatory aggression and defense in the domestic cat (*Felis catus*). II. Development of aggression and defense in the first 164 days of life. *Behavioral and Neural Biology*, 30, 410-434. [https://doi.org/10.1016/s0163-1047\(80\)91265-0](https://doi.org/10.1016/s0163-1047(80)91265-0)
- ADLER, H. E. (1955). Some factors of observational learning in cats. *Journal of Genetic Psychology* 86(1), 159-177. <https://doi.org/10.1080/00221325.1955.10532903>.
- CARO, T. M. (1980). Effects of the mother, object play and adult experience on predation in cats. *Behavioral and Neural Biology*, 29(1), 29-51. [https://doi.org/10.1016/S0163-1047\(80\)92456-5](https://doi.org/10.1016/S0163-1047(80)92456-5)
- CHÁVEZ-CONTRERAS, G. (2016). *Etología clínica veterinaria del gato: guía práctica de abordaje para médicos veterinarios*. Ediciones Universidad Santo Tomás.
- CHESLER, P. (1969). Maternal influence in learning by observation in kittens. *Science*, 166 (390), 901-903. <https://doi.org/10.1126/science.166.3907.901>
- CROWLEY, S. L., Cecchetti, M., & McDonald, R. A. (2020). Our wild companions: Domestic cats in the Anthropocene. *Trends in Ecology & Evolution*, 35, 477-483. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.01.008>
- FETTMAN, M. J., Stanton, C. A., Banks, L. L., Hamar, D. W., Johnson, D. E., Hegstad, R. L., & Johnston, S. (1997). Effects of neutering on bodyweight, metabolic rate and glucose tolerance of domestic cats. *Research in Veterinary Science*, 62(2), 131-136. [https://doi.org/10.1016/s0034-5288\(97\)90134-x](https://doi.org/10.1016/s0034-5288(97)90134-x)
- FISSET, S., & Doré, F. Y. (2006). Duration of cats (*Felis catus*) working memory for disappearing objects. *Animal Cognition*, 9(1), 62-70. <https://doi.org/10.1007/s10071-005-0005-4>

- FITZGERALD, B. M., & Turner, D. C. (2000). Hunting behaviour of domestic cats and their impact on prey populations. En D. C. Turner & P. Bateson (eds.), *The domestic cat - the biology of its behaviour* (2nd ed., pp. 151-175). Cambridge University Press.
- GLÄSCHER, J., Tranel, D., Lynn, K. P., Rudrauf, D., Rorden, C., Hornaday, A., Grabowski, T., Damasio, H., & Adolphs, R. (2009). Lesion mapping of cognitive abilities linked to intelligence. *Neuron*, 61(5), 681-91. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2009.01.026>
- HALL, C. M., Fontaine, J. B., Bryant, K. A., & Calver, M. C. (2015). Assessing the effectiveness of the Birdsbesafe® anti-predation collar cover in reducing predation by pet cats on wildlife in Western Australia. *Applied Animal Behaviour Science*, 173, 40-51. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.01.004>
- KUO, Z. Y. (1930). The genesis of the cat's responses to the rat. *Journal of Comparative Psychology*, 11(1), 1-35. <https://doi.org/10.1037/h0075723>
- LOSS, S. R., & Marra, P. P. (2017). Population impacts of free-ranging domestic cats on mainland vertebrates. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(9), 502-509. <https://doi.org/10.1002/fee.1633>
- MCDONALD, J. L., Maclean, M., Evans, M. R., & Hodgson, D. J. (2015). Reconciling actual and perceived rates of predation by domestic cats. *Ecology and Evolution*, 5, 2745-2753. <https://doi.org/10.1002/ece3.1553>
- MENTZEL, R. E. (2016). Agresividad en el gato doméstico. En G. Chávez-Contreras (Ed.), *Etología clínica veterinaria del gato: guía práctica de abordaje para médicos veterinarios* (pp. 135-159). Ediciones Universidad Santo Tomás/RIL Editores.
- NELSON, S. H., Evans, A. D., & Bradbury, R. B. (2005). The efficacy of collar-mounted devices in reducing the rate of predation of wildlife by domestic cats. *Applied Animal Behaviour Science*, 94(3), 273-285. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.04.003>
- OKUJAV, V., Natishvili, T., Gogeshvili, K., Gurashvili, T., Chipashvili, S., Bagashvili, T., Andronikashvili, G., & Okujava, N. (2009). Visual recognition memory in cats: Effects of massed vs. distributed trials. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, 3(2), 168-72.
- RABOT, R. (1994). Le comportement alimentaire et dipsique du chat et ses troubles. *Proceedings Séminaire Société Féline Française*, 42-47.
- ROBERTSON, I. D. (1998). Survey of predation by domestic cats. *Australian Veterinary Journal*, 76, 551-554. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1998.tb10214.x>
- SPOTTE, S. (2014). *Free-ranging cats: Behavior, ecology, management*. Wiley Blackwell.

- THORNDIKE, E. L. (1898). Animal intelligence: An experimental study of the associative processes in animals. *Psychological Monographs: General and Applied*, 2(4), 1-109. <https://doi.org/10.1037/h0092987>
- TURNER, D. C., & Meister, O. (1988). Hunting behaviour of the domestic cat. En D. C. Turner & P. Bateson (eds.), *The domestic cat: the biology of its behaviour* (1st ed., pp. 111-121). Cambridge University Press.
- TURNER, D. C. & Bateson, P. (2000). *The domestic cat - the biology of its behaviour* (2nd ed.). Cambridge University Press.



# USO DE LA INFORMACIÓN SOCIAL EN INSECTOS NO SOCIALES

*Jesús García-Salazar*  
*Mariel Almaguer-Azpeitia*

La ciencia trabaja en la frontera entre el conocimiento y la ignorancia. No tememos admitir lo que ignoramos. No existe vergüenza en eso. La única vergüenza es fingir que conocemos todas las respuestas.

NEIL DE GRASSE TYSON

Los animales pueden adquirir conocimientos sobre su entorno de diferentes maneras; una de ellas puede ser por ensayo y error, aunque se requiere de cierto tiempo y esfuerzo.

Otra manera más rápida y menos costosa de adquisición del conocimiento es hacer uso de la información proporcionada por otros animales (Wilkinson *et al.*, 2010), conocido como aprendizaje social. Heyes (1994) lo define como “un aprendizaje que es influenciado por la observación de, o la interacción con otro animal (típicamente un conoespecífico) o sus productos” (p. 207).

Debido a las ventajas que presenta usar información social, las especies estudiadas han ido aumentando conforme pasan los años. Tan solo entre 2012 a 2014 se estudiaron 66 especies (Galef y Whiten, 2017). De esta manera, se ha encontrado que diversos animales pueden hacer uso de la información social para elegir alimentos, elegir pareja, evitar depredadores, resolver tareas, entre otras; además de esto, se ha demostrado en algunas especies que el comportamiento aprendido socialmente

se mantiene a través de diferentes generaciones, lo que algunos autores consideran como una forma de cultura (Allen, 2019).

Dentro de las especies que suelen ser estudiadas se destacan los primates no humanos (Yamamoto *et al.*, 2013), las aves (Swaddle *et al.*, 2005) y las ratas (Galef *et al.*, 2008). Además de esto, y contrario a lo que se podría pensar, también se ha logrado identificar que los insectos pueden hacer uso de la información social, así como presentar transmisión cultural, en el caso de los abejorros (Alem *et al.*, 2016), a pesar de tener un cerebro de menor tamaño.

El estudio del aprendizaje social se ha enfocado principalmente en animales considerados sociales, posiblemente debido a la creencia de que los animales que viven en grupos tendrían una mayor interacción con miembros de su mismo grupo, lo cual permitiría la evolución del aprendizaje social (Wilkinson *et al.*, 2010). No obstante, aquellos animales que viven en solitario no se encuentran completamente aislados de otros animales; de hecho, es muy probable que a lo largo de su vida se encuentren con miembros de la misma o de distintas especies, ya que se pueden compartir los mismos recursos o amenazas, por lo que de esta manera se permitiría la evolución del aprendizaje social en especies no sociales (Webster y Laland, 2017).

En los últimos años se ha comenzado a realizar estudios en diferentes especies de animales no sociales: reptiles (Kis *et al.*, 2015), animales marinos (Zala y Määttänen, 2013), e incluso algunas especies de insectos. El objetivo del presente capítulo, entonces, será presentar las principales investigaciones que se han realizado sobre insectos no sociales, así como las ventajas que conlleva estudiarlo en el área del aprendizaje social; para ello, hablaremos de tres insectos no sociales estudiados: grillos, moscas y langostas.

## **Grillos**

Como sabemos, algunos insectos son capaces de formar grandes estructuras sociales, las cuales cuentan con múltiples niveles de organización: las abejas, las avispas y las hormigas (Fewell, 2003), en donde la interacción entre individuos es mayor (Dukas *et al.*, 2010). En el caso de los insectos, y a pesar de no formar grupos o comunidades, hay ciertas ocasiones donde prestar atención al comportamiento de otros puede ser beneficioso (Webster y Laland, 2017).

Un ejemplo es el estudio de Isabelle Coolen *et al.*, en 2005, quienes llevaron a cabo un experimento con un insecto no social, el grillo de



madera (*Nemobius sylvestris*), bajo un contexto de depredación. Para su realización, introdujeron 10 grillos en cajas de plástico con hojas; estos grillos actuaron posteriormente como demostradores; asimismo contaban con dos condiciones: en la primera (peligro) se añadieron tres arañas lobo, no así en la segunda (seguridad). Después de un periodo de dos días los demostradores se traspasaron a una nueva caja de plástico junto con cinco nuevos grillos, los cuales actuaron como observadores de las conductas antidepredadoras por parte de los demostradores. Una vez transcurrido un periodo de seis horas se retiró a los demostradores y los observadores permanecían en su caja por otras 24 horas.

Los resultados mostraron que después de dos días los demostradores se ocultaban debajo de las hojas en la condición de peligro, y su comportamiento se mantenía por seis horas a pesar de que ya no existía ninguna amenaza. En el caso de los observadores, aquellos que habían sido alojados con los demostradores en la condición de peligro pasaban una menor cantidad de tiempo en la superficie de las hojas, incluso 24 horas después de que el demostrador se retiraba. Cabe añadir que estos resultados no se podían explicar de acuerdo con las feromonas de alarma que podrían haber emitido los grillos, ya que se utilizaron controles donde se permitía el flujo de aire, pero no el contacto físico visual (Coolen *et al.*, 2005).

Aunque ya se había demostrado que ciertos insectos podían hacer uso de la información social, Coolen y sus colaboradores demostraron que vivir en colonias con una estructura social establecida no era un requisito necesario para presentar un aprendizaje social. En el caso particular de los grillos, su aprendizaje se pudo ver favorecido debido a los numerosos encuentros que llegan a ocurrir entre conespecíficos, dada la alta densidad de la población.

## **Moscas**

La mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster*, es uno de los modelos del cual se tiene bien documentada su capacidad de aprendizaje y memoria (Giurfa, 2015). De igual modo, es una especie de gran interés para el estudio de la evolución y la neurogenética del aprendizaje social (Sarin y Dukas, 2009). Debido a esto, ha sido uno de los insectos no sociales donde se han estudiado diversas situaciones para el uso de información social. Una de ellas es la elección de pareja femenina, la cual hace referencia a una hembra (observadora) que puede ver la elección de una segunda hembra (demostradora) sobre dos machos con diferentes características físicas; así, las futuras elecciones de la observadora van

a estar influenciadas por aquellas características seleccionadas por la demostradora (Little *et al.*, 2008).

En un estudio realizado por Mery *et al.* (2009), se llevaron a cabo dos experimentos con la mosca de la fruta para observar si la información social afectaría la elección de los posibles machos por parte de las hembras. En el primer experimento utilizaron machos criados en buenas y en malas condiciones, dependiendo de la cantidad de nutrientes que se les daban, lo que generaba machos con diferentes rasgos físicos. De esta manera, cuando se les permitió a las hembras elegir entre los dos tipos de machos, ellas pasaban más tiempo con los machos criados en buenas condiciones, pero cuando se introdujo una modelo, la cual se encontraba con los machos en malas condiciones, las moscas hembras usaron esta información social para aumentar su preferencia por los machos en malas condiciones.

En el segundo experimento crearon machos de distinto color, rosa o verde, los cuales iban a tener una cópula exitosa o fallida con una hembra que serviría como demostradora. Introducían a la hembra observadora en un tubo donde podía ver por una hora copular a la demostradora con un macho de algún color (*e. g.*, verde). Una vez pasada la hora se cambiaban las moscas, ahora la observadora iba a ver una cópula fallida con la mosca del color contrario a la primera (*e. g.*, rosa). Cuando se les permitió a las hembras observadoras copular con los machos, ellas elegían con mayor frecuencia a los machos del color que habían tenido una cópula exitosa con la demostradora. El experimento pudo demostrar que el uso de información proporcionada por sus conespecíficos no solo afectaba la cantidad de tiempo que se pasaba con los machos sino, también, la elección de pareja (Mery *et al.*, 2009).

Otras de las situaciones donde se ha investigado la información social en la mosca de la fruta es bajo un contexto de oviposición, en donde las hembras usan la información social para elegir el lugar donde se depositarán sus huevecillos (Sarin y Dukas, 2009), así como en una tarea de aprendizaje espacial (Foucaud *et al.*, 2013). Como hemos podido observar, las moscas pueden usar la información proporcionada por sus conespecíficos en diferentes contextos, además se conoce que el aprendizaje social puede generar otras formas más complejas de comportamiento, como la cultura (Allen, 2019; Laland y Hoppitt, 2003).

Dentro del estudio de la cultura se suelen encontrar varias definiciones; sin embargo, por lo general se entiende como un comportamiento aprendido socialmente, el cual persiste a través de generaciones (Allen, 2019).

Para poder estudiar la cultura en la mosca de la fruta, Danchin *et al.* (2018) la analizaron bajo un contexto de elección de pareja; se interesaron en demostrar si las moscas tenían las capacidades cognitivas necesarias para transmitir sus preferencias a través de diferentes generaciones. Para ello, realizaron diferentes experimentos valorando si las moscas jóvenes podían aprender de las que tenían mayor edad, cuánto tiempo duraba su aprendizaje, bajo qué condiciones podían generalizar, entre otras capacidades. Posteriormente, los investigadores realizaron un experimento en el cual un grupo de moscas observadoras aprendió la preferencia por un macho. Consecutivamente las observadoras se convirtieron en demostradoras del siguiente grupo de moscas. A partir de los datos, y con la ayuda de un modelo de simulación, los investigadores lograron demostrar que las preferencias aprendidas socialmente por un tipo de macho podían mantenerse en una población y a través de generaciones.

Con este último trabajo se ha sugerido que el fenómeno de cultura no solo se encuentra en mamíferos (Terkel, 1996) o en aves (Aplin *et al.*, 2013) como se solía creer, sino que también se podría presentar en insectos no sociales. Además, este estudio permite comprender las implicaciones evolutivas que conlleva el uso de la información social sobre la preferencia de pareja (Danchin *et al.*, 2018).

## **Langostas**

Otra de las situaciones donde suele ser de gran utilidad la información social es la necesidad de elegir entre diversas fuentes de alimentación, es decir, la preferencia por un alimento se incrementaría si otros miembros del grupo han sido observados previamente consumiendo algún alimento (Galef y Wigmore, 1983). Debido a que las langostas (*L. migratoria*) son un insecto no social, aunque también presentan una forma gregaria, es decir, se pueden agrupar en grandes cantidades (Simpson y Sword, 2008), Dukas y Simpson (2009) se interesaron por investigar si estas podrían utilizar la información de sus conespecíficos para la elección de alimentos.

Primero, Dukas y Simpson (2009) llevaron a cabo un experimento de aprendizaje individual donde demostraron que las langostas preferían el alimento que ya habían consumido en vez de uno nuevo. En un experimento posterior, las langostas consumieron un alimento novedoso junto con un demostrador; sin embargo, no se encontró que aumentarían las preferencias de los observadores por estos alimentos. Debido a esto, hicieron diferentes variaciones; incluso en el último experimento

trataron de demostrar si la preferencia por un alimento se podía dar por medio de canibalismo. Para lograrlo introdujeron demostradores muertos, los cuales habían sido alimentados por dos días con un alimento novedoso; sin embargo, tampoco encontraron que las preferencias por los alimentos novedosos aumentaran. Los autores concluyeron que bajo un contexto de preferencia de alimentos las langostas no usan la información social. A pesar de esto, en años posteriores Lancet y Dukas (2012), utilizando ahora a la langosta del desierto (*Schistocerca gregaria*) en fases de ninfa y adulto, demostraron que las últimas pasaban más tiempo alimentándose y poniendo sus huevos cerca de otros conespecíficos (mejora local), a diferencia de las ninfas, las cuales no preferían alimentarse cerca de sus conespecíficos. Posteriormente, cuando investigaron la preferencia de alimento en ambos estadios tampoco pudieron encontrar evidencia de aprendizaje social. A pesar de que los resultados fueron fallidos con las diferentes especies de langosta en cuanto a su habilidad para poder aprender de los demás, son datos igualmente valiosos, puesto que, si queremos entender la evolución del aprendizaje social, debemos estudiar también aquellas especies que no lo presentan (Lancet y Dukas, 2012).

## CONCLUSIONES

Como hemos podido observar, el uso de información social es realmente importante para muchas especies de animales, aunque al inicio la investigación en esta área solamente se enfocó en aquellas donde era más probable que lo presentaran por sus características (Lancet y Dukas, 2012). Conforme han pasado los años, el número de especies estudiadas se ha ampliado; por ello, actualmente, los estudios sobre aprendizaje social en insectos son cada vez más comunes, específicamente los centrados en el orden de los himenópteros (abejas, avispas, hormigas) (Battesti *et al.*, 2015; Dukas y Simpson, 2009; Grueter y Leadbeater, 2014; Lancet y Dukas, 2012); sin embargo, no son los únicos insectos que presentan este tipo de comportamiento.

Como vimos, a lo largo de la vida de los insectos no sociales también se pueden presentar situaciones en donde el uso de la información social es imprescindible (Dukas *et al.*, 2010; Webster y Laland, 2017); pese a ello, es evidente la escasez de estudios sobre ello. Esto, sin duda, es un problema importante si lo que se busca es comparar sus habilidades de aprendizaje (Perry *et al.*, 2013) y, definitivamente, limita nuestro conocimiento en el área.

En este capítulo vimos cómo hay evidencia de aprendizaje social en al menos dos especies de insectos no sociales, lo que podría apoyar la idea de que el aprendizaje social podría estar condicionado por determinantes ecológicos más que taxonómicos (Coolen *et al.*, 2005). Aun con la poca información con la que se cuenta actualmente sobre esta forma de aprendizaje en insectos no sociales, estos estudios son un buen punto de partida para entender mejor este comportamiento, puesto que las implicaciones son importantes en términos, tanto ecológicos como para la evolución de las especies. Aunado a ello, los insectos no sociales son una buena alternativa para poder estudiar la evolución de los mecanismos subyacentes al aprendizaje social y a la transmisión de información (Battesti *et al.*, 2015, 2012; Lancet y Dukas, 2012), ya que cuentan con historias de vida diferentes a los insectos sociales (Dukas y Simpson, 2009), y aun así son capaces de aprender de sus conespecíficos, incluso haciendo que perdure a través de diferentes generaciones, tal y como se muestra en el experimento realizado con moscas de la fruta (Danchin *et al.*, 2018).

En general, los estudios con insectos son de gran utilidad ya que son modelos “simples” (Battesti *et al.*, 2012), los que, a pesar de su pequeño tamaño, presentan habilidades de aprendizaje complejas y nos permiten el estudio de los circuitos neuronales (Frost y Megalou, 2009); también dan acceso a la comparación entre diferentes fases de vida (Lancet y Dukas, 2012). Por lo anterior, se necesita generar un mayor interés en su estudio que posibilite el impulso de nuevas investigaciones, la réplica de sus hallazgos, así como el estudio de diferentes especies de insectos, sociales y no sociales, que permitan su futura comparación.

## REFERENCIAS

- ALEM, S., Perry, C. J., Zhu, X., Loukola, O. J., Ingraham, T., Søvik, E., & Chittka, L. (2016). Associative mechanisms allow for social learning and cultural transmission of string pulling in an insect. *PLoS Biology*, 14(10), Article e1002564. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002564>
- ALLEN, J. A. (2019). Community through culture: From insects to whales: How social learning and culture manifest across diverse animal communities. *BioEssays*, 41(11). <https://doi.org/10.1002/bies.201900060>
- APLIN, L. M., Sheldon, B. C., & Morand-Ferron, J. (2013). Milk bottles revisited: Social learning and individual variation in the blue tit. *Cyanistes caeruleus*. *Animal Behaviour*, 85(6), 1225-1232. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2013.03.009>

- BATTESTI, M., Moreno, C., Joly, D., & Mery, F. (2012). Spread of social information and dynamics of social transmission within *Drosophila* groups. *Current biology*, 22(4), 309-313. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.12.050>
- BATTESTI, M., Pasquaretta, C., Moreno, C., Teseo, S., Joly, D., Klensch, E., Petit, O., Sueur, C., & Mery, F. (2015). Ecology of information: Social transmission dynamics within groups of non-social insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1801), Article 20142480. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2480>
- COOLEN, I., Dangles, O., & Casas, J. (2005). Social learning in noncolonial insects? *Current biology*, 15(21), 1931-1935. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.09.015>
- DANCHIN, E., Nöbel, S., Pocheville, A., Dagaëff, A.-C., Demay, L., Alphan, M., Ranty-Roby, S., van Renssen, L., Monier, M., Gazagne, E., Allain, M., & Isabel, G. (2018). Cultural flies: Conformist social learning in fruitflies predicts long-lasting mate-choice traditions. *Science*, 362(6418), 1025-1030. <https://doi.org/10.1126/science.aat1590>
- DUKAS, R. (2010). Insect social learning. En M. D. Breed, & J. Moore (eds.), *Encyclopedia of Animal Behavior* (pp. 176-179). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-045337-8.00058-9>
- DUKAS, R., & Simpson, S. J. (2009). Locusts show rapid individual learning but no social learning about food. *Animal Behaviour*, 78(2), 307-311. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.05.004>
- FEWELL, J. H. (2003). Social insect networks. *Science*, 301(5641), 1867-1870. <https://doi.org/10.1126/science.1088945>
- FOUCAUD, J., Philippe, A. S., Moreno, C., & Mery, F. (2013). A genetic polymorphism affecting reliance on personal versus public information in a spatial learning task. *Drosophila melanogaster. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1760), 20130588. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.0588>
- FROST, W. N., & Megalou, E. V. (2009). Learning and memory in invertebrate models: Tritonia. En L. R. Squire (ed.), *Encyclopedia of Neuroscience* (pp. 401-404). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.00805-6>
- GALEF, B. G., & Whiten, A. (2017). The comparative psychology of social learning. En J. Call, G. M. Burghardt, I. M. Pepperberg, C. T. Snowdon, & T. Zentall (eds.), *APA handbook of comparative psychology: Perception, learning, and cognition* (vol. 2, pp. 411-439). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0000012-019>

- GALEF Jr, B. G., Lim, T. C., & Gilbert, G. S. (2008). Evidence of mate choice copying in Norway rats. *Rattus norvegicus*. *Animal Behaviour*, 75(3), 1117-1123. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.08.026>
- GALEF Jr, B. G., & Wigmore, S. W. (1983). Transfer of information concerning distant foods: A laboratory investigation of the 'information-centre' hypothesis. *Animal Behaviour*, 31(3), 748-758. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(83\)80232-2](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(83)80232-2)
- GIURFA, M. (2015). Learning and cognition in insects. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 6(4), 383-395. <https://doi.org/10.1002/wcs.1348>
- GRUETER, C., & Leadbeater, E. (2014). Insights from insects about adaptive social information use. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(3), 177-184. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.01.004>
- HEYES, C. M. (1994). Social learning in animals: Categories and mechanisms. *Biological Reviews*, 69(2), 207-231. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1994.tb01506.x>
- KIS, A., Huber, L., & Wilkinson, A. (2015). Social learning by imitation in a reptile (*Pogona vitticeps*). *Animal cognition*, 18(1), 325-331. <https://doi.org/10.1007/s10071-014-0803-7>
- LALAND, K. N., & Hoppitt, W. (2003). Do animals have culture? *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 12(3), 150-159. <https://doi.org/10.1002/evan.10111>
- LANCET, Y., & Dukas, R. (2012). Socially influenced behaviour and learning in locusts. *Ethology*, 118(3), 302-310. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2011.02014.x>
- LITTLE, A. C., Burriss, R. P., Jones, B. C., DeBruine, L. M., & Caldwell, C. A. (2008). Social influence in human face preference: Men and women are influenced more for long-term than short-term attractiveness decisions. *Evolution and Human Behavior*, 29(2), 140-146. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2007.11.007>
- MERY, F., Varela, S. A., Danchin, É., Blanchet, S., Parejo, D., Coolen, I., & Wagner, R. H. (2009). Public versus personal information for mate copying in an invertebrate. *Current Biology*, 19(9), 730-734. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.02.064>
- PERRY, C. J., Barron, A. B., & Cheng, K. (2013). Invertebrate learning and cognition: Relating phenomena to neural substrate. *WIREs Cognitive Science*, 4(5), 561-582. <https://doi.org/10.1002/wcs.1248>
- SWADDLE, J. P., Cathey, M. G., Correll, M., & Hodkinson, B. P. (2005). Socially transmitted mate preferences in a monogamous bird: A non-genetic mechanism of sexual selection. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1567), 1053-1058. <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3054>

- SARIN, S., & Dukas, R. (2009). Social learning about egg-laying substrates in fruitflies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1677), 4323-4328. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1294>
- SIMPSON, S. J., & Sword, G. A. (2008). Locusts. *Current biology*, 18(9), R364-R366. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.02.029>
- TERKEL, J. (1996). Cultural transmission of feeding behavior in the black rat (*Rattus rattus*). En C. M. Heyes, & B. G. Galef (eds.), *Social learning in animals: The roots of culture* (p. 17-47). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012273965-1/50003-0>
- WEBSTER, M. M., & Laland, K. N. (2017). Social information use and social learning in non-grouping fishes. *Behavioral Ecology*, 28(6), 1547-1552. <https://doi.org/10.1093/beheco/ax121>
- WILKINSON, A., Kuenstner, K., Mueller, J., & Huber, L. (2010). Social learning in a non-social reptile (*Geochelone carbonaria*). *Biology letters*, 6(5), 614-616. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0092>
- YAMAMOTO, S., Humle, T., & Tanaka, M. (2013). Basis for cumulative cultural evolution in chimpanzees: Social learning of a more efficient tool-use technique. *PLoS One*, 8(1), Article e55768. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055768>
- ZALA, S. M., & Määttänen, I. (2013). Social learning of an associative foraging task in zebrafish. *Naturwissenschaften*, 100(5), 469-472. <https://doi.org/10.1007/s00114-013-1017-6>



# ¿POR QUÉ AYUDAN LAS RATAS? <sup>\*</sup><sub>1</sub>

*Rodolfo Bernal-Gamboa*

La posibilidad de que la empatía resida en partes del cerebro tan antiguas que las compartimos con ratas debería hacer reflexionar a cualquiera que compare políticos con esas pobres y subestimadas criaturas.

FRANS DE WAAL

La conducta de ayuda es una acción voluntaria realizada para beneficiar a otro mientras involucra un costo para el que ejecuta la acción (*e. g.*, Silk, 2007). Para los animales que viven en grupos, la realización de estas conductas podría favorecer la supervivencia de todo el grupo (*e. g.*, Mason, 2014). Aunque existen varios estudios experimentales que muestran conductas de ayuda en varias especies de animales (*e. g.*, Bernal-Gamboa y Nieto, 2019), diversas ventajas metodológicas (*e. g.*, Meyza *et al.*, 2017) han favorecido a que uno de los modelos más empleados en el estudio sistemático de las conductas de ayuda sea la rata. Así, en los últimos diez años, varios investigadores han reportado de forma consistente que las ratas pueden ejecutar conductas de ayuda hacia otras ratas (*e. g.*, Ben-Ami Bartal *et al.*, 2011), es decir, se ha observado en tareas experimentales que involucran a una pareja de ratas que uno de los miembros de la pareja activamente realiza un comportamiento que le genera un costo a ese miembro pero que implica un beneficio para el otro (*e. g.*, Reynoso-Cruz y Bernal-Gamboa, 2019). Dicho hallazgo ha sido mostrado por distintos laboratorios y empleando diferentes tareas experimentales (*e. g.*, Ben-Ami Bartal y Mason, 2018); no obstante, sigue

---

\* Investigación realizada por el autor gracias al Programa UNAM-PAPIIT IN 306020.

siendo poco claro qué es lo que motiva que las ratas ejecuten las conductas de ayuda (*e. g.*, Silva *et al.*, 2020). Por lo tanto, en la primera parte del presente texto se abordan las tareas experimentales usadas en el estudio de las conductas de ayuda en ratas y, posteriormente, se describen las principales explicaciones propuestas para dicha conducta, así como la evidencia que las apoya.

## ¿CÓMO SE ESTUDIA LA CONDUCTA DE AYUDA EN RATAS?

Aunque se considera al artículo publicado por Ben-Ami Bartal *et al.* (2011) como el que inició el interés en el estudio sistemático de la conducta de ayuda en ratas, es importante mencionar que hubo esfuerzos previos que no tuvieron seguimiento (*e. g.*, Rice y Gainer, 1962; Krafft *et al.*, 1994). Inbal Ben-Ami Bartal y colaboradores reportaron en 2011 una tarea experimental que permite estudiar la ejecución de conducta de ayuda entre ratas. Dicha tarea involucra a dos de ellas; una se coloca en una situación que le genera distrés al ponerla en un contenedor tubular de plástico que restringe su movimiento (Campos *et al.*, 2013); adicionalmente, la rata no puede salir del contenedor tubular debido a que la puerta del contenedor únicamente puede abrirse desde fuera. Por otro lado, a la otra rata se le permite libre movimiento por toda el área experimental. Ben-Ami Bartal y sus colaboradores reportaron que, sin entrenamiento y en pocos días, las ratas con libre movimiento realizaron la conducta de ayuda (*i. e.*, abrir la puerta del contenedor tubular) que liberó a las ratas encerradas en el contenedor. Asimismo, observaron que después de la primera apertura de puerta las ratas ejecutaron cada vez más rápido dicha conducta de ayuda.

Pocos años después de este estudio, un grupo de investigadores japoneses publicó un estudio que extendió los hallazgos de la conducta de ayuda a una tarea experimental diferente. Dichos autores colocaron a una pareja de ratas en una caja con dos compartimentos adyacentes (cada una se colocó en un compartimento), unidos por una puerta que solo puede abrirse por el compartimento A. El compartimento B contenía agua (5 cm de profundidad), lo cual fue usado como estimulación aversiva (*e. g.*, Morris, 1981). Así, Sato *et al.* (2015), al evaluar el comportamiento de la rata colocada en el compartimento A, observaron que conforme avanzaron las sesiones las aperturas de puerta realizadas eran cada vez más rápidas, permitiendo que la rata en el compartimento B pudiera salir del agua.

Aunque en años recientes varios investigadores han estudiado las conductas de ayuda en ratas, los procedimientos empleados pueden considerarse como variaciones de las tareas experimentales desarrolladas por Ben-Ami Bartal *et al.* (2011) y Sato *et al.* (2015), en las cuales uno de los miembros de la pareja se coloca en una situación que genera distrés, mientras se analiza el comportamiento del miembro de la pareja restante, registrando la frecuencia, la latencia y la elección de la conducta de ayuda. Por ello, la siguiente sección se enfocará en los estudios que han evaluado los procesos involucrados en la ejecución de conductas de ayuda en estos roedores.

## ¿QUÉ MOTIVA QUE LAS RATAS AYUDEN A OTRAS RATAS?

El hallazgo de comportamientos de ayuda es considerado como un resultado excelente. No obstante, la explicación de dicho comportamiento continúa generando bastante debate (*e. g.*, Bernal-Gamboa, 2017; Blystad, 2019). En general, podemos agrupar las explicaciones en dos perspectivas: la que considera que la empatía juega un rol importante en la ejecución de la conducta de ayuda (*e. g.*, Decety *et al.*, 2016; Meyza *et al.*, 2017), mientras que la segunda concentra las explicaciones en las que la empatía no es la responsable de dichos comportamientos en las ratas (*e. g.*, Hachiga *et al.*, 2018; Hiuga *et al.*, 2018). A continuación, se presentará con mayor detalle las suposiciones de cada una de las posturas explicativas, así como la evidencia que las sustenta.

### **Empatía**

Las explicaciones que asumen la participación de una motivación empática se basan, principalmente, en la propuesta elaborada por De Waal y Preston (2017), la cual presenta un modelo multicapa de habilidades empáticas (comunicación de estados afectivos o experiencias) que pueden ser observadas en animales no humanos. Por ejemplo, proponen que la base de formas más complejas de empatía es la adopción del estado emocional del otro (contagio emocional), seguido por un nivel más complejo del continuo que implica preocupación por el estado del otro y que está involucrado en conductas que intentan mejorar algún estado de distrés (consuelo, ayuda) y por el nivel más elaborado: atribuir el estado emocional a otro en vez de a uno mismo (toma de perspectiva empática). Así, los principales resultados utilizados para apoyar esta

perspectiva son los siguientes: 1) las ratas no realizan las aperturas de puerta si en el contenedor tubular se coloca un muñeco en forma de rata (Ben-Ami Bartal *et al.*, 2011) o si el compartimento B se encuentra vacío (Sato *et al.*, 2015), 2) si en el compartimento B se coloca una rata sin el componente aversivo (sin agua) las ratas tampoco ejecutan las aperturas de puerta (Sato *et al.*, 2015; véase también Bernal-Gamboa y Nieto, 2018) y 3) al añadir una prueba de elección: abrir un contenedor para tener acceso a un alimento altamente palatable (virutas de chocolate) o abrir un contenedor en el que se encuentra la rata en una situación de distrés; se ha reportado que las ratas, en la mayoría de las ocasiones, prefieren abrir la puerta que libera a la rata compañera que abrir la puerta para comer el chocolate (Ben-Ami Bartal *et al.*, 2011; Sato *et al.*, 2015).

### **Contacto social**

A pesar de que los anteriores hallazgos se han interpretado como instancias en las cuales la conducta de ayuda está fuertemente motivada por la comunicación afectiva entre las ratas, varios investigadores han propuesto explicaciones alternativas. La primera opción fue planteada para lidiar con los hallazgos de Ben-Ami Bartal *et al.*, (2011). Particularmente, Silberberg *et al.* (2014) notaron que la conducta de ayuda podía estar motivada por la necesidad de las ratas de interactuar entre ellas (*i. e.*, contacto social) y no por una motivación empática (véase también Hachiga *et al.*, 2018). Para ello, los autores realizaron un experimento en el cual emplearon una tarea muy similar a la desarrollada por Ben-Ami Bartal *et al.*, (2011), y mostraron que la conducta de ayuda (aperturas de puerta) ocurría de forma rápida y consistente siempre que la rata encerrada en el contenedor tubular se liberaba en el mismo compartimento de la rata en libre movimiento. No obstante, las aperturas de puerta rara vez ocurrían cuando la rata encerrada en el contenedor tubular se liberaba en un compartimento lejano y diferente al de la rata que realizaba la conducta de ayuda. Así, Silberberg *et al.* propusieron que el contacto social entre las ratas y no la empatía era esencial para observar la conducta de ayuda.

Siguiendo esta hipótesis del contacto social como explicación de la conducta de ayuda en ratas, Schwartz *et al.* (2017) realizaron un experimento en el cual construyeron un laberinto en forma de E. En la mitad del laberinto se encontraba la caja de salida y a ambos lados (izquierdo y derecho) estaban las cajas meta. De esta manera, la rata que se colocaba en la caja de salida podía elegir libremente dirigirse a alguna de las

dos cajas meta. Los autores colocaron en una de estas cajas a otra rata, mientras que la caja restante estaba vacía. Los resultados indicaron que las ratas eligieron en la mayoría de las ocasiones la caja meta en la que estaba la otra rata.

### **Reforzamiento positivo y reforzamiento negativo**

El estudio contemporáneo de las conductas de ayuda en ratas inició con investigadores cuyo marco teórico está centrado en la neurociencia social (Ben-Ami Bartal *et al.*, 2011); por tanto, no es de sorprender que en esta primera década de estudios los esfuerzos por explicar la conducta de ayuda no hayan incorporado de forma clara las aportaciones del condicionamiento instrumental. No obstante, esto está cambiando en años recientes (*e. g.*, Bernal-Gamboa, 2019; Bernal-Gamboa *et al.*, 2021). Por ejemplo, Schwartz *et al.* (2017), utilizando la tarea del laberinto en E previamente mencionada, llenaron una de las cajas meta con agua, mientras que la otra la dejaron vacía (en ninguna de estas colocaron ratas). Al poner a las ratas en la caja de salida reportaron que la mayoría de las veces elegían la caja meta con agua (a veces las ratas lamían las paredes mojadas de la caja). Así, los autores proponen que las aperturas de puerta reportadas por Sato *et al.* (2015) no necesariamente están motivadas por el deseo de liberar a una compañera en distrés, sino que pueden explicarse si se asume que la cercanía con el agua actúa como un reforzador positivo.

En 2018, Hiura *et al.* usaron dos cámaras de condicionamiento operante adyacentes: en el lado izquierdo colocaron un contenedor tubular cuya puerta conectaba con el lado derecho, en el cual estaban dos palancas horizontales con sus respectivos comederos. Los autores entrenaron a las ratas para presionar ambas palancas; la palanca A producía alimento dulce y la palanca B) provocaba la apertura de la puerta del contenedor, permitiendo contacto entre ambas ratas. Los autores mostraron una clara contingencia entre la conducta de ayuda (presiones a la palanca B y el reforzamiento positivo, ya que la respuesta instrumental incrementó cuando esta producía el reforzador (contacto entre las ratas) y disminuyó cuando se condujo una fase de extinción (presionar la palanca ya no producía la apertura de la puerta). Adicionalmente, estos hallazgos son consistentes con la hipótesis del contacto social, y los extienden a una situación experimental que permite cuantificar y comparar el reforzamiento social con otros reforzadores (*i. e.*, comida).

Otra explicación posible basada en el marco del condicionamiento instrumental involucra al reforzamiento negativo. Actualmente, es sabido que las ratas emiten diferentes vocalizaciones ultrasónicas que están fuertemente relacionadas con situaciones específicas (*e. g.*, Takahashi *et al.*, 2010). Por ejemplo, las vocalizaciones en el rango de 50-kHz han sido reportadas en situaciones apetitivas, tales como el juego, el cortejo y la anticipación de recompensas (*e. g.*, Wöhr y Schwarting, 2013). Por otro lado, las vocalizaciones en el rango de 22-kHz se han registrado en situaciones aversivas, como la exposición a depredadores y en peleas (*e. g.*, Sadananda *et al.*, 2008). Por lo tanto, se ha propuesto que la conducta de ayuda en las ratas puede observarse debido a que termina (o evita) la presencia de un estímulo aversivo (vocalizaciones en el rango de 22-kHz). Aunque no existe un experimento que haya manipulado directamente este factor, Ben-Ami Bartal *et al.* (2011) reportaron vocalizaciones en el rango de 22-kHz. Sin embargo, los autores aseguran que el número de vocalizaciones no fue suficiente para considerar que tuvieran algún efecto en la conducta de la apertura de puerta. Es importante mencionar que lo expresado por estos autores son especulaciones, ya que sus experimentos carecen del grupo de control adecuado para rechazar que en la conducta de ayuda esté involucrado el reforzamiento negativo.

## CONCLUSIÓN

Los párrafos anteriores muestran que la comprensión de los mecanismos subyacentes a las conductas de ayuda en ratas sigue siendo una línea de investigación relevante para muchos investigadores, y, dado que las tareas para estudiar las conductas de ayuda se han refinado y sistematizado, la evaluación, la contrastación directa entre las diferentes perspectivas explicativas será más sencilla, aunque las diferentes explicaciones no necesariamente se excluyen entre sí (*e. g.*, el reforzamiento social puede favorecer la motivación empática). Las explicaciones que se enmarcan en el área del aprendizaje instrumental tienen un mayor potencial debido a que en dicha área se ha generado mucho conocimiento teórico y práctico en el último siglo. Finalmente, este texto indica que los avances en el estudio de las conductas de ayuda en ratas están sucediendo de forma bastante rápida y sistemática, lo cual puede ayudar a que el tópico pueda ser abordado desde otros niveles de explicación, debido a que es un tema que tiene implicaciones sociales y clínicas (*e. g.*, Pérez-Manrique y Gomila, 2018; Tomek *et al.*, 2018).

## REFERENCIAS

- BARTAL, I. B. A., Decety, J., & Mason, P. (2011). Empathy and pro-social behavior in rats. *Science*, 334(6061), 1427-1430. <https://doi.org/10.1126/science.1210789>
- BARTAL, I. B. A. & Mason, P. (2018). Helping Behavior in Rats. En K. Z. Meyza, & E. Knapska (eds.), *Neuronal Correlates of Empathy* (p. 151-160). Academic Press.
- BERNAL-GAMBOA, R. (2017). Conducta pro-social en ratas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 9, 74-80.
- BERNAL-GAMBOA, R., & Nieto, J. (2018). El comportamiento de apertura de puerta en ratas motivado por el deseo de contacto social. *Journal of Behavior, Health & Social Issues*, 10(2), 1-6. <https://doi.org/10.22201/fesi.20070780.2017.9.2.68300>
- BERNAL-GAMBOA, R. (2019). Conducta de ayuda en ratas ¿Acción o hábito? *Universitas Psychologica*, 18, 1-7. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy18-1.cara>
- BERNAL-GAMBOA, R. & Nieto, J. (2019). Comportamientos altruistas y pro-sociales en no primates. En I. Zepeda Riveros, F., Cabrera González, J. A., Camacho Candia, & E. Camacho Gutiérrez (eds.), *Aproximaciones al Estudio del Comportamiento y sus Aplicaciones*. Volumen II. (pp. 148-163). Jalisco, Universidad de Guadalajara. ISBN: 978-84-18080-57-9
- BERNAL-GAMBOA, R., Hernández, L. A., Reynoso-Cruz, J. E. & Nieto, J. (2021). Helping behavior in rats is modulated by social enhancement. *Psykhé*, 30, 1-11.
- BLYSTAD, M. H. (2019). A critical review of the rodent social release paradigm: Empathy or social reinforcement. *Mexican Journal of Behavior Analysis*, 145 (2), 199-222.
- CAMPOS, A. C., Fogaça, M. V., Aguiar, D. C., & Guimarães, F. S. (2013). Animal models of anxiety disorders and stress. *Revista brasileira de psiquiatria* (Sao Paulo, Brazil: 1999), 35 Suppl 2, S101-S111. <https://doi.org/10.1590/1516-4446-2013-1139>
- DECETY, J., Bartal, I. B.-A., Uzefovsky, F., & Knafo-Noam, A. (2016). Empathy as a driver of prosocial behaviour: Highly conserved neurobehavioural mechanisms across species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1686), 20150077. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0077>
- DE WAAL, F. B. M., & Preston, S. D. (2017). Mammalian empathy: Behavioural manifestations and neural basis. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(8), 498-509. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.72>

- HACHIGA, Y., Schwartz, L. P., Silberberg, A., Kearns, D. N., Gomez, M., & Slotnick, B. (2018). Does a rat free a trapped rat due to empathy or for sociality? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 110(2), 267-274. <https://doi.org/10.1002/jeab.464>
- HIURA, L. C., Tan, L., & Hackenberg, T. D. (2018). To free, or not to free: Social reinforcement effects in the social release paradigm with rats. *Behavioural processes*, 152, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2018.03.014>
- KRAFFT, B., Colin, C., & Peignot, P. (1994). Diving-for-food: A new model to assess social roles in a group of laboratory rats. *Ethology*, 96, 11-23.
- MASON P. (2014). With a little help from our friends: how the brain processes empathy. *Cerebrum: The Dana forum on brain science*, 2014, 14.
- MEYZA, K. Z., Bartal, I. B.-A., Monfils, M. H., Panksepp, J. B., & Knapska, E. (2017). The roots of empathy: Through the lens of rodent models. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 76(1), 216-234. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.10.028>
- MORRIS, R. G. M. (1981). Spatial localization does not require the presence of local cues. *Learning and Motivation*, 12(2), 239-260. [https://doi.org/10.1016/0023-9690\(81\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0023-9690(81)90020-5)
- PÉREZ-MANRIQUE, A., & Gomila, A. (2018). The comparative study of empathy: Sympathetic concern and empathic perspective-taking in non-human animals. *Biological Reviews*, 93(1), 248-269. <https://doi.org/10.1111/brv.12342>
- REYNOSO-CRUZ, J. E. & Bernal-Gamboa, R. (2019). Ratas cooperativas, altruistas y prosociales: ¿Somos buenos por naturaleza? En Rodolfo Bernal-Gamboa y Carlos Santoyo (eds.). *Tendencias actuales en conducta social: una visión comparada* (pp. 99-114). Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- RICE, G. R., & Gainer, P. (1962). "Altruism" in the albino rat. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 55, 123-125.
- SADANANDA, M., Wöhr, M., & Schwarting, R. K. W. (2008). Playback of 22-kHz and 50-kHz ultrasonic vocalizations induces differential c-fos expression in rat brain. *Neuroscience Letters*, 435(1), 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.02.002>
- SATO, N., Tan, L., Tate, K., & Okada, M. (2015). Rats demonstrate helping behavior toward a soaked conspecific. *Animal Cognition*, 18(5), 1039-1047. <https://doi.org/10.1007/s10071-015-0872-2>
- SCHWARTZ, L. P., Silberberg, A., Casey, A. H., Kearns, D. N., & Slotnick, B. (2017). Does a rat release a soaked conspecific due to empathy? *Animal Cognition*, 20(2), 299-308. <https://doi.org/10.1007/s10071-016-1052-8>
- SILBERBERG, A., Allouch, C., Sandfort, S., Kearns, D., Karpel, H., & Slotnick, B. (2014). Desire for social contact, not empathy, may explain "rescue" beha-



- viator in rats. *Animal cognition*, 17(3), 609-618. <https://doi.org/10.1007/s10071-013-0692-1>
- SILK, J. B. (2007). Empathy, sympathy, and prosocial preferences in primates. En Dunbar, R. I. M. & Barrett, L. (eds.), *Oxford Handbook of Evolutionary Psychology*. Oxford University Press, Oxford, 115-126.
- SILVA, P., Silva, R. H., Lima, R. H., Meurer, Y. S., Ceppi, B., & Yamamoto, M. E. (2020). Are There Multiple Motivators for Helping Behavior in Rats? *Frontiers in psychology*, 11, 1795. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01795>
- TAKAHASHI, N., Kashino, M., & Hironaka, N. (2010). Structure of rat ultrasonic vocalizations and its relevance to behavior. *PLoS ONE*, 5(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014115>
- TOMEK, S. E., Stegmann, G. M., & Olive, M. F. (2019). Effects of heroin on rat prosocial behavior. *Addiction biology*, 24(4), 676-684. <https://doi.org/10.1111/adb.12633>
- WÖHR, M., Schwarting, R.K., 2013. Affective communication in rodents: ultrasonic vocalizations as a tool for research on emotion and motivation. *Cell Tissue Research*, 354 (1), 81-97. <https://doi.org/10.1007/s00441-013-1607-9>.

Siendo rector de la Universidad Veracruzana el doctor  
Martín Gerardo Aguilar Sánchez,  
*La cognición en los sistemas biológicos*, coordinado por José Eduardo Reynoso Cruz  
y Laura Teresa Hernández Salazar se terminó de imprimir en septiembre de 2023  
en Lectorum, S. A. de C. V., Belisario Domínguez núm. 17,  
Loc. B, col. Villa Coyoacán, CP 04000, Ciudad de México, tel. 55813202.  
Se utilizaron tipos Palatino de 11 / 15 y 30 puntos.  
Edición y maquetación: Víctor Hugo Ocaña Hernández.

▶ **L**a ciencia nos permite descubrir paulatinamente la forma en que está organizado el mundo que nos rodea y cómo es que diferentes sistemas biológicos pueden adaptarse a su entorno. Bajo esta perspectiva, conocer el impacto que tienen diferentes procesos cognitivos sobre dicha adaptación resulta fundamental para comprender la influencia profunda y enriquecedora del ambiente en la manifestación de la conducta, analizada esta desde diferentes puntos de vista.

Siguiendo este enfoque, el presente compendio de ensayos sale de la pluma de autores con diversas formaciones profesionales y experiencias, y con la convicción y el interés por comprender más el mundo que nos rodea y los organismos con los que lo compartimos. Los autores han elegido diferentes tópicos: el aprendizaje, la comparación entre especies y la inclusión de aspectos relacionados con el sistema nervioso. En sus ensayos nos muestran que los procesos cognitivos no son exclusivos de una especie o grupo, sino que son procesos individuales, indispensables y necesarios incluso en organismos unicelulares. Esperamos que esta obra estimule la curiosidad y la imaginación de los lectores y los anime a conocer más del fascinante mundo de las ciencias cognitivas.

José Eduardo Reynoso Cruz. Adscrito al Instituto de Neuroetología de la UV y miembro del SNI (nivel 1) en las áreas de humanidades y ciencias de la conducta. Su línea de investigación se centra en analizar y comprender la memoria, el aprendizaje y la cognición social en primates mexicanos, roedores y seres humanos.

Laura Teresa Hernández Salazar. Investigadora del Instituto de Neuroetología de la UV y miembro del SNI (nivel 2) en las áreas de biología y química. Su línea de investigación atiende el uso de sistemas sensoriales y los procesos de cognición y aprendizaje asociados a la obtención de recursos alimenticios, utilizando principalmente como modelo de estudio a los primates mexicanos.



Universidad Veracruzana  
Dirección Editorial

