

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES



La cognición como fenómeno biológico

TESIS

QUE PRESENTA:

DAIRON ALFONSO RODRÍGUEZ RAMÍREZ

PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE

DOCTOR EN HUMANIDADES

EN LA LÍNEA DE FILOSOFÍA DE LAS CIENCIAS Y DEL LENGUAJE

DIRECTOR:

JORGE MARTÍNEZ CONTRERAS

CIUDAD DE MÉXICO

2017

Esta tesis se realizó con el apoyo del CONACYT

A mis alumnos

No trato de humanizar a los animales con esta forma de expresarme. Se ha de comprender que lo demasiado humano es casi siempre pre-humano, y, por tanto, es aquello que compartimos con los animales superiores. A fe mía que no proyecto las características humanas en el animal; antes, al contrario muestro la cantidad de herencia de origen animal que persiste todavía en la humanidad.

Konrad Lorenz

Hablaba con las bestias, los peces y los animales (1999)

Agradecimientos

Sin el apoyo y la guía de innumerables personas esta tesis, al menos en su forma actual, no habría sido posible. Quiero agradecer muy especialmente a Jorge Martínez Contreras, quien, desde el inicio, revisó minuciosamente todos los borradores que preparé. Su visión del evolucionismo iluminó buena parte del camino que aquí he seguido. También quiero expresar mi gratitud infinita con Josep Call, por permitirme hacer una estancia de investigación en el que hasta la fecha es el mejor centro primatológico del mundo, el Wolfgang Köhler Primate Research Center. Su apoyo, moral y material, fueron indispensables para terminar con éxito el experimento presentado en el capítulo 3ero. Igual de indispensable fue la guía de Christoph Voelter, con quien, además, pude discutir extensamente algunas de las ideas vertidas en el capítulo 4to. El mismo capítulo también debe mucho a Iván Darío González Cabrera, quien tuvo a bien aclararme algunos de los aspectos formales del marco intervencionista de la causalidad. Finalmente, deseo mencionar a Eli Shupe, pues gracias a las innumerables conversaciones que mantuvimos pude articular algunas de las ideas más importantes de la presente disertación.

Algunos amigos entrañables también leyeron y revisaron apartes de esta tesis. La versión final de la misma debe mucho en su forma a los sabios consejos de Martín Azar. Mi sabia amiga Nereida Bueno se encargó, amablemente, de revisar el capítulo 3. También debo un agradecimiento muy especial a Johanna Eckert, quien me apoyó para completar mi estancia en Alemania. Ilaria Mombello también se convirtió en alguien indispensable para terminar este viaje. A todos ellos mis infinitas gracias.

Miguel Barrueta, Eduardo Rojas y Hydely Garduño se convirtieron en guías esenciales para salir avante de la maraña de tramites administrativos que implica completar un doctorado. Muchas gracias por su paciencia.

Finalmente, quiero mencionar a mi familia, mis padres y mi hermana, quienes siempre estuvieron ahí para animarme en los momentos difíciles.

Tabla de contenidos

Introducción.....	6
Evolución y continuidad entre las especies	13
La hipótesis de la continuidad mental y las ciencias del comportamiento.....	47
Aprendizaje causal y uso de herramientas en animales no humanos.....	74
Cognición y representaciones causales en animales no humanos.....	120
Conclusiones.....	157
Bibliografía.....	158

Introducción

¿Por qué querer analizar a la cognición como fenómeno biológico y no puramente cultural-humano, como ha sido tradicional hacerlo? La respuesta es que las características de la cognición, y entre ellas la humana, por supuesto, no surgen ni de la nada ni de ningún creador: son el resultado de un proceso evolutivo, –siempre en curso–, y son provisionales porque la evolución ni se ha detenido, ni se detendrá. En efecto, al querer describir a la cognición como fenómeno biológico queremos enfatizar su naturaleza esencialmente evolutiva. Como tal, la cognición ha estado sometida a los mismos procesos de selección natural que han dado lugar a las más variadas adaptaciones en los seres vivos. Así, pues, lejos de ser un fenómeno invariante en el tiempo, la cognición y sus diversos elementos constitutivos habrían sufrido diversas transformaciones que, a la postre, resultaron provechosas para los portadores, pues habrían contribuido a sus respectivos *fitness* o niveles de adecuación evolutiva. Pero entonces, ¿cómo evolucionó la cognición? ¿Cuál fue su patrón de cambio evolutivo? Contribuir a responder parcialmente a estas preguntas será el objetivo principal de la presente disertación doctoral.

Para ello, nuestro punto de partida será la hipótesis darwiniana de la continuidad mental (de ahora en adelante HCM). Esta elección no es casual en tanto que nos permitirá tomar partido en el ya clásico debate entre aquellos que, como Darwin, defienden la visión gradualista de la evolución de la cognición, con diferentes ritmos o “velocidades” en los cambios, y quienes sólo ven rupturas o discontinuidades en la misma.¹ En este sentido, defenderé la tesis según la cual estaríamos justificados al

¹ Este debate se enmarca en una discusión más amplia sobre la relación que existiría entre el tipo de variación que se da en los organismos y los procesos de especiación. La discusión, conocida tradicionalmente como polémica gradualismo-saltacionismo, fue planteada desde el origen mismo del evolucionismo por el llamado *bulldog* de Darwin, Thomas H. Huxley. Para este autor, la evolución procede a través de saltos, pues utilizaría la variación discontinua o de gran magnitud que, según él, puede darse entre los descendientes de una forma madre. En contraposición, y como veremos detenidamente en el primer capítulo, Darwin mantuvo la tesis de que la selección natural opera sobre variaciones individuales, ligeras en carácter, por lo que no habría lugar para las llamadas saltaciones

llamar gradual al patrón de cambio seguido por la cognición en su recorrido evolutivo.² Buscaré defender la HCM siguiendo varias estrategias argumentativas, más o menos independientes unas de otra. Pero antes será necesario allanar el camino para que dichas estrategias puedan llegar a articularse entre sí.

Desde que Darwin postuló la HCM en *On the Origin of Species* (OE) [1859], mucho se ha discutido sobre lo que significa que haya continuidad psicológica entre las especies animales. Por ejemplo, Gordon M. Burghardt (2008) identifica al menos tres sentidos diferentes en los que cabe hablar de continuidad interespecífica:

(1) Las variaciones entre las especies son sólo de grado. La especie X tiene más de la propiedad alfa de lo que tiene la especie Y, y un número de especies intermedias con grados ligeramente variables de la propiedad alfa conectan filogenéticamente a las especies X e Y.

(2) Entre las especies existirían diferencias cualitativas que en realidad encubren diferencias de grado. La especie X tiene el rasgo no-alfa, mientras que la especie Y tiene un alto nivel de alfa. Sin embargo, el rasgo no-alfa es en realidad alfa a un nivel tan bajo que parece que hubiese una diferencia cualitativa entre X e Y. De nuevo, especies intermedias podrían llenar el espacio entre X e Y.

(3) Las diferencias cualitativas entre las especies serían en realidad sólo superficiales. Esto sucede especialmente cuando se alcanza cierto umbral en algún proceso o propiedad beta que lleva a la discontinuidad en la propiedad alfa, resultando en que la especie X sea cualitativamente diferente de la especie Y. Por

evolutivas defendidas por Huxley y algunos otros biólogos evolucionistas después de él. Entre los saltacionistas más notables cabe destacar los nombres de Francis Galton, Hugo Marie de Vries (el primero en formular de manera explícita la tesis saltacionista) y el genetista inglés William Bateson. En relación a los orígenes de la cognición humana, Steven Pinker (1994) es quizás el defensor mejor publicitado del enfoque saltacionista.

² Una discusión un tanto diferente, aunque igual de importante para los biólogos evolucionistas, es la referida a la velocidad con la que se sucede la variación individual, material sobre el cual actúa la selección natural. Esta discusión fue planteada por los paleontólogos Niles Eldredge y Stephen Jay Gould en su ya clásico texto "Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism" (1972). Allí los autores desarrollan la tesis según la cual los cambios o variaciones graduales que dan lugar a nuevas especies se suceden en periodos de tiempo muy cortos y, por tanto, a un ritmo mucho mayor de lo que, al parecer, suponía Darwin. En esta disertación dejaremos de lado esta discusión y sus posibles consecuencias para nuestra imagen científica de la evolución de la cognición, y nos centraremos exclusivamente en la cuestión relativa a su supuesta gradualidad.

ejemplo, que la especie X haya alcanzado cierto umbral de procesamiento neuronal durante su desarrollo evolutivo podría llevar a que surjan diferencias cualitativas entre las especies X e Y en términos de sus capacidades mentales o conductuales.

Adicional a los problemas que por sí sola la polisemia del término puede llegar a plantear, una parte de la tradición científica posterior a Darwin ha parecido preferir, acríticamente, cierta versión de la idea de continuidad, la cual corresponde al primer sentido identificado por Burghardt (2008). Esto último podría tener como consecuencia la imposición innecesaria de constreñimientos conceptuales a nuestro empeño por defender la HCM. Por ejemplo, ninguna de las tres acepciones del término “continuidad” arriba mencionadas parece ser lo suficientemente amplia como para incluir a las otras dos. En este caso, conseguir un concepto más amplio, que incluya los tres sentidos señalados por Burghardt, es especialmente importante si lo que se pretende es acercar las conclusiones a las que han llegado disciplinas como la psicología comparada y las neurociencias cognitivas. Así, mientras pensar la continuidad psicológica en términos de diferencias de grado resulta bastante útil para los psicólogos comparativos –los cuales aplican los mismos métodos de estudio para animales humanos y no humanos–, desde un enfoque neurocomputacional la misma definición parece pasar por alto que las grandes diferencias en las habilidades motrices de animales humanos y no humanos en realidad esconderían semejanzas importantes entre las arquitecturas cognitivas de numerosas especies capaces de manipular herramientas. Por supuesto, adoptar un enfoque tan estrecho de la continuidad también tendría el efecto de limitarnos en términos de las hipótesis que podríamos llegar a plantear. Esto es especialmente evidente, de nuevo, en el caso de la psicología comparada, donde, como veremos, la discusión contemporánea sobre la cognición causal ha alcanzado un punto muerto debido a la asunción tácita de que las diferencias entre las especies deben ser o bien de grado o bien cualitativas, lo que no parece dejar espacio para una tercera opción.

Como veremos en el primer capítulo, Charles Darwin ya había propuesto una definición de continuidad psicológica lo suficientemente amplia como para abarcar las

tres posturas identificadas por Burghardt (2008). De hecho, la definición darwiniana es interesante porque, al tiempo que reconoce la existencia de diferencias importantes –y no sólo de grado– entre las mentes de los animales humanos y no humanos, también permite reafirmar el carácter esencialmente continuo o gradual del patrón de cambio seguido por la cognición en su recorrido evolutivo. Este es, a mi juicio, el mayor y más original logro del inglés. Pero adoptar, como se pretende aquí, la noción darwiniana de continuidad trae ventajas conceptuales adicionales. La primera de ellas es que permite anclar las discusiones sobre la mente animal en el núcleo mismo del pensamiento evolucionista: la teoría de evolución por selección natural. De esta manera, nos aseguramos que nuestras hipótesis y teorías resultantes guarden coherencia con la visión unificada de la vida sobre la Tierra defendida por Darwin, en la que los diversos organismos mantienen una estrecha interdependencia entre sí. Y dada la amplitud de la definición darwiniana, no tendremos ningún problema en integrar diversos niveles explicativos para dar cuenta de las similitudes y diferencias en las capacidades cognitivas de las diferentes especies animales que habitan la tierra. De hecho, como veremos más adelante, dicha integración ya había sido intentada por el propio Darwin, adelantándose por varias décadas a proyectos similares (Bindra, 1976; Pavlov, 1927,1955).

Una vez que hayamos visto que la HCM puede ser entendida en un sentido amplio, que incluya en alguna medida las tres posturas señaladas por Burghardt (2008), podremos proseguir, ahora sí, con nuestras estrategias de defensa. La primera de ellas consistirá en considerar algunas teorías científicas desarrolladas a partir de la HCM. Esta línea argumentativa, desplegada a lo largo del segundo capítulo, nos permitirá apreciar lo fecunda que ha resultado la HCM para las ciencias del comportamiento animal. En particular, prestaremos especial atención a los estudios etológicos sobre el comportamiento animal, los cuales han asumido como eje articulador la idea de que la evolución de la cognición es gradual. No menos interesante es el caso de la psicología comparada. Como veremos, el desarrollo histórico de esta disciplina, lejos de ser lineal, refleja el debate, en ocasiones confuso, entre quienes defienden la visión gradualista de

la evolución de la cognición y quienes sólo ven saltos o discontinuidades. Sin embargo, incluso quienes rechazaron de manera explícita la HCM asumieron la postura darwiniana según la cual tanto las similitudes como las diferencias en las capacidades cognitivas de las especies animales se revelarían mejor a través de comparaciones cuidadosas. También prestaremos atención al valor explicativo que tiene asumir la idea de que las variaciones entre las especies son sólo de grado –valor explicativo del que, en ocasiones, carecen las teorías discontinuistas, representadas, entre otras, por el conductismo radical de B. F. Skinner.

Para una tesis darwiniana, que la cognición haya evolucionado de manera gradual y no dando saltos absolutos implicaría, entre otras cosas, que compartiríamos con algunas especies animales ciertas capacidades cognitivas. El tercer capítulo estará dedicado a considerar evidencia empírica reciente que sugiere que los animales no humanos poseen la capacidad de aprender sobre relaciones causa-efecto y no sólo sobre correlaciones entre eventos, tal y como afirmaban los conductistas. Entre la evidencia a considerar, examinaremos un experimento llevado a cabo por el autor de la presente disertación con primates no humanos. Precisamente, por su relevancia en el debate clásico entre “continuistas” y “discontinuistas”, y en virtud del papel central que ocupa en nuestra arquitectura cognitiva, la cognición causal en animales no humanos será el tema central de los capítulos tercero y cuarto de esta disertación.

En el cuarto y último capítulo, precisamente, me adentraré en el debate contemporáneo entre aquellos autores que, por una parte, defienden el carácter excepcional de la cognición causal en nuestra especie y quienes, por la otra, plantean que la cognición causal, en sentido pleno, es un rasgo que se encuentra distribuido a lo largo del reino animal. Veremos, empero, que este debate, lejos de haberse resuelto en favor de alguno de los bandos, plantea una serie de interrogantes que permanecen sin respuesta hasta la fecha. Quizás la más importante de estas cuestiones sea hasta qué punto los mecanismos y procesos computacionales involucrados en la cognición causal y el uso de herramientas son compartidos por las especies animales capaces de sacar ventaja de la estructura causal del mundo. Al respecto, nuestra tesis central será que, si

bien los seres humanos son especialmente hábiles en lo que a manipulación de objetos se refiere, los mecanismos cognitivos que subyacen a nuestras capacidades motrices también estarían a la base de las habilidades de otras especies animales. Son estos mecanismos, en virtud de su estructura interna, los que permitirían la representación de relaciones causales, entendidas éstas como relaciones contrafácticas entre las variables de un sistema.

A continuación resumiré las hipótesis que guiarán el curso de la presente disertación. La primera de ellas es que la cognición humana sería el resultado de un largo proceso de selección de ligeras variaciones provechosas para los portadores. En tal caso la aparición de capacidades como el lenguaje, la cognición causal o el sentido moral debieran, en principio, poder explicarse a partir de procesos evolutivos graduales y continuos que habrían llevado a modificaciones –importantes o no– en algunas características mentales y/o conductuales ya presentes en nuestros ancestros animales. Esta tesis, tal y como fue postulada por Darwin, llegó a articular el trabajo posterior en las ciencias del comportamiento animal. Un corolario de la tesis darwiniana de la continuidad mental es que en no pocas ocasiones encontraremos que cierto rasgo cognitivo no es exclusivo de nuestra especie. La anterior hipótesis será parcialmente confirmada cuando consideremos, en el tercer capítulo, evidencia disponible referente al aprendizaje causal y al uso de herramientas en animales no humanos. Pero si bien la capacidad para sacar provecho de las regularidades causales no es exclusiva de los seres humanos, algunos autores contemporáneos han objetado que todavía es posible encontrar una discontinuidad profunda referente a los mecanismos cognitivos que subyacen a la cognición causal en diferentes especies. Esta discontinuidad explicaría el contraste tan pronunciado, en términos de su complejidad, que existe entre nuestras habilidades motrices para manipular herramientas y las mucho más limitadas capacidades que exhiben los animales no humanos para emplear utensilios. Contra esta postura, la hipótesis que buscaremos defender en el último capítulo de la presente disertación es que los seres humanos compartiríamos con los animales no humanos elementos de nuestra arquitectura cognitiva que harían posible, a través de la

representación de relaciones causales, la manipulación de herramientas a diferentes escalas de complejidad. Con esto esperamos hacer justicia contemporánea a la HCM.

Capítulo I

Evolución y continuidad entre las especies

En este capítulo nos interrogaremos sobre la importancia del concepto de continuidad interespecífica en relación con la explicación de lo que significa evolución por selección natural.

La idea de que existe una relación biológica de continuidad entre las especies es un corolario de los postulados fundamentales de la teoría de la evolución por selección natural, tal y como ésta fue enunciada por Charles Darwin tanto en la última edición de [OE] (1876/2009), como en *The Descent of Man* [DM], (1871/1985). Me refiero específicamente a las dos partes que comprenden la teoría de la evolución: descendencia con modificación y selección natural (Gayon, 2012). Ambas ofrecen una visión unificada de la vida sobre la Tierra, en la que los diversos organismos guardan relaciones de afinidad entre sí.

Analizaremos las siguientes características de este tema:

- (1) Descendencia con modificación y selección natural.
- (2) Continuidad biológica.
- (3) Evolución y continuidad mental.
- (4) Filosofía de la mente darwiniana.

Descendencia con modificación y selección natural

En el caso de la descendencia con modificación estamos ante lo que, a partir del siglo XIX, se ha dado en llamar “el hecho general de la evolución” o, más comúnmente, “evolución” (Gayon, 2012: 50).³ Para dar una idea más aproximada de lo que significó este postulado para el desarrollo lógico de la teoría de la evolución por selección natural, intentaremos considerarlo al margen de cualquier otra hipótesis particular hecha por Darwin sobre los procesos y los mecanismos evolutivos.⁴ Esta estrategia –ya suficientemente empleada (Gayon, 2012; Coleman, 2009) – tiene el mérito de permitirnos distinguir entre aquello que Darwin consideraba como el *explanandum* de su teoría: “la descendencia con modificación”, y su correspondiente *explanans*: “la selección natural”. Por otra parte, intentaremos contextualizar la idea de la descendencia con modificación, presentando antes que nada el marco general de hechos que le dan fundamento.

En primera instancia, la idea de la descendencia con modificación consiste en conceptualizar el cambio en las especies a partir de la constatación de un hecho biológico de carácter general; a saber: la presencia de abundante diversidad entre los seres vivos. Este hecho tendría su expresión más radical en lo que Darwin llamaba *diferencias individuales*. Se trata de diferencias ligeras,

(...) such as are known frequently to appear in the offspring from the same parents, or which may be presumed to have thus arisen, from being frequently

³ Gayon señala que el propio Darwin, en la sexta y última edición de *The Origin of Species* (1872), ya emplea el término evolución como una abreviación de “descendencia con modificación” (Gayon, 2012: 50).

⁴ En este punto, el propio Darwin reconocía que podía darse cierta confusión entre el hecho mismo de la evolución y el mecanismo que lo explica, la selección natural. Así, aquél llegó a advertir que la evidencia relativa a la evolución se podía considerar también como confirmación de la selección natural. Sin embargo, en la estructura misma de *El origen de las especies*, podemos trazar una clara distinción entre estos dos postulados: por una parte, Darwin dedica el capítulo VI de OE a examinar lo que él denomina como *Dificultades de la teoría de la descendencia con modificación*, mientras que el capítulo VII se enfoca en refutar lo que él llama las *Objeciones diversas a la teoría de la selección*. De esta forma, el naturalista inglés deja claro que se trata de dos postulados lógicamente independientes, los cuales podrían refutarse cada uno independientemente, sin perjuicio del otro.

observed in the individuals of the same species inhabiting the same confined locality. (Darwin, 1876/2009: 34).

En sentido estricto, esto significa que en todo grupo de seres vivos perteneciente a la misma especie, habrá cierto grado de variabilidad entre sus miembros (Mayr, 1982: 633). Y, si bien en tiempos del inglés no eran claras las leyes que rigen dicha variabilidad, sí lo era que en la naturaleza actúan diversas fuerzas que las explicarían. Los factores asociados a dichas fuerzas serían los siguientes: la influencia directa e indirecta de las condiciones ambientales, el uso y desuso de los órganos, la aclimatación, el cambio correlativo de formas, etc. A pesar de que Darwin no era un entusiasta del tipo de explicaciones que se daban en su tiempo a la variabilidad biológica –sobre todo de las ofrecidas por Lamarck– sí estaba convencido de que la conjunción de los elementos que acabamos de mencionar era suficiente para explicar por qué los seres vivos son susceptibles de modificarse de innumerables formas:

Our ignorance of the laws of variation is profound. Not in one case out of a hundred can we pretend to assign any reason why this or that part differs, more or less, from the same part in the parents. But whenever we have the means of instituting a comparison, the same laws appear to have acted in producing the lesser differences between varieties of the same species, and the greater differences between species of the same genus (Darwin, 1876/2009: 131).

Cabe señalar que Darwin dedicó al menos tres capítulos de *OE* a la discusión sobre la naturaleza de la variabilidad en los seres vivos, buscando constatar que “a large amount of hereditary modification is at least possible” (*Ibid.*: 4) Para ello, el autor inglés se centró en diversas especies domésticas, tanto de plantas como de animales. Palomas, perros, caballos, entre otras, constituyen el amplio catálogo de especies

estudiadas por Darwin con el fin de mostrar al lector la realidad y ubicuidad de la variabilidad individual.

Un aspecto importante de la variabilidad, señalado oportunamente por Darwin, es que ésta parece afectar fundamentalmente la forma o estructura de los seres vivos. Si bien es un asunto sujeto a discusión, propondremos usar el concepto moderno de estructura para designar el amplio espectro de formas anatómicas y fenotípicas que tenía en mente el autor inglés (Mai *et al.*, 2005) –en otras palabras, todo lo que tiene por objeto de estudio la rama de la biología conocida como morfología. Así entendido, el postulado de la variabilidad individual sostiene que las diversas estructuras de los seres vivos se verían modificadas en sus caracteres específicos –forma, tamaño, color, etc. –, dando origen a innumerables variaciones morfológicas entre los individuos de una misma especie que habitan un espacio geográfico determinado. A su vez, las diversas variaciones serían ligeras en carácter, dejando muy pocas posibilidades para la ocurrencia de las llamadas monstruosidades: anomalías súbitas y considerables de estructura. En cuanto a las variaciones de otra índole, como por ejemplo los cambios en las costumbres o en las funciones de los diversos órganos, aquéllas debieran entenderse sólo en relación con modificaciones ligeras y más fundamentales en la forma: “It is, however, difficult to decide and immaterial for us, whether habits generally change first and structure afterwards; or whether slight modifications of structure lead to changed habits; both probably often change almost simultaneously” (Darwin, 1876/2009:141).⁵

Darwin también se percató de que las variaciones individuales, por más ligeras que fueran, podían ser heredadas por los descendientes. Sobre este punto llegó a afirmar que: “Any variation which is not inherited is unimportant for us. But the number and diversity of inheritable deviations of structure, both those of slight and those of considerable physiological importance is endless.” (*Ibid.*: 9). Si bien, tal y como sucedía en el caso de las causas de la variabilidad, no había mucha claridad sobre leyes de la

⁵ En el capítulo VII de la última edición del *Origen de las Especies*, Darwin dedica abundante espacio a considerar cómo gradaciones de estructura se encuentran asociadas muchas veces a cambios importantes en las funciones.

herencia –al respecto, como sabemos, habría que esperar hasta 1900 para conocer el trabajo de Gregor Mendel, gracias al genetista holandés De Vries⁶–, el autor de *OE* se apoyó, una vez más, en observaciones sistemáticas sobre la variación en animales y plantas en estado doméstico para concluir que la herencia era una fuerza natural muy difícil de desestimar, pues los organismos descendientes de cierta forma X poseían en común uno o más rasgos que dicha forma les había heredado y que se manifestaban en alguna etapa de su desarrollo. Una vez que Darwin se dio cuenta de la importancia que tiene la herencia en la ontogénesis de los organismos, estuvo en capacidad de enunciar su postulado de la descendencia con modificación.

Para Darwin, al igual que para otros autores antes que él, era un hecho conocido que en la naturaleza no sólo los individuos cambian, sino que las especies también están sujetas a gran variabilidad. Este evento es precisamente lo que cabe llamar evolución. Así definida, la evolución consiste en la transformación progresiva de las especies. Sin embargo, a mediados del siglo XIX era un verdadero misterio cómo operaba dicha transformación. Esto se debía, en parte, a lo incompleto del registro fósil disponible, que hacía muy difícil entender la transformación de una especie dada en otra (Coleman, 2002). Uno de los grandes méritos de Darwin fue precisamente el de presentarnos un modelo bastante plausible de la transformación biológica al nivel de las especies, a pesar de la susodicha deficiencia. Para ello, se basó en lo que sabía sobre la variación individual, así como en el papel de la herencia. Un recuento de dicho modelo puede ser el que sigue: como se ha dicho con anterioridad, algunas de las variaciones que presentan los organismos a nivel estructural son susceptibles de ser heredadas por la descendencia. Dichas variaciones, si bien ligeras en carácter, pronto se sumarían a otras tantas que presentarían los subsiguientes descendientes del mismo antepasado inicial y que a su vez serían heredadas. Tras una larga sucesión de generaciones de descendientes, cada una con sus propias modificaciones, el resultado sería un conjunto de especímenes con cambios apreciables en algunas de sus

⁶ En un comienzo De Vries no quiso citar a Mendel hasta que el alemán Carl Correns lo criticó públicamente por no reconocer la autoría original de los descubrimientos relativos a las leyes de la herencia.

estructuras. Los nuevos especímenes, sustancialmente diferentes de su antepasado común, podrían ser considerados con pleno derecho como una nueva especie. Hay que agregar a este cuadro inicial sobre la evolución el hecho de que no todos los descendientes presentan el mismo tipo de modificaciones, pues no pocas veces la variabilidad suele tomar diversas direcciones, dando lugar a diferencias, ya no entre los individuos de una misma especie, sino entre sus variaciones poblacionales. De allí, entonces, que un mismo individuo pueda dar lugar a especies diferentes, divergiendo unas de otras en sus caracteres específicos.

Ahora bien, la imagen que nos presenta Darwin del cambio en las especies –la descendencia con modificación– fue representada en *OE* a través de la figura de un árbol (Martín-Ordás & Call, 2012; Gayon, 2012). Las ramas terminales, verdes y con retoños revelarían las especies vivas en la actualidad. Dichas ramas surgirían a partir de troncos comunes, lo cual sugiere cómo, a partir de unos cuantos especímenes, las modificaciones en la descendencia darían lugar a especies diferentes. Otras ramas, en cambio, parecerían estar truncadas, siendo éstas representaciones –(fenotipos)– de las especies que desaparecieron sin descendencia.⁷ De esta manera, el árbol de la vida, (o árbol de Darwin como también se le conoce) daría cuenta no sólo de cómo unas cuantas especies dan lugar a otras, sino que también serviría para representar el fenómeno evolutivo de la extinción.

El árbol de Darwin y, de manera más general, el postulado de la descendencia con modificaciones, han tenido un impacto decisivo en el desarrollo de la biología moderna. Fundamentalmente porque ambos nos permiten romper con la idea de que las especies han de ser estáticas e inmutables. Por el contrario, las especies actuales serían tan sólo una pequeña fracción de la gran variedad de organismos que, en diferentes épocas, han habitado la tierra. Muchas de estas se habrían extinguido sin dejar descendencia, mientras que otras tantas se habrían transmutado en nuevas especies a partir de un ancestro común. Es precisamente esa ramificación de las especies a partir de un linaje común lo que nos permite concebir la historia de la vida como un gran árbol, donde

⁷ Darwin parece anticiparse a la noción contemporánea de radiación adaptativa.

habría diferentes relaciones de parentesco entre las especies extintas y aquellas que aún perviven o, para decirlo en otras palabras, donde todas las especies existentes tendrían que ser conceptualizadas como la descendencia modificada a partir de un ancestro común.

Pero entonces ¿cómo explicar este patrón de cambio que exhiben las especies animales? Esta cuestión es importante, pues la descendencia con modificación postula que hay cambios graduales y ordenados en las especies, producto de variaciones individuales que son heredadas. Pero dado que no parece haber límites a la variabilidad individual, ¿por qué algunas de estas variaciones se conservan de generación en generación mientras que otras, por el contrario, parecen perderse para siempre?

La respuesta la encontró Darwin en la selección natural. Para Darwin –al igual que para el sacerdote Robert Malthus (1826/1914), sin duda, precursor de las ciencias de la demografía– dos hechos fundamentales determinan las relaciones entre los seres orgánicos y sus condiciones de vida. Por una parte, todo entorno físico ofrece a los organismos un conjunto limitado de recursos para la supervivencia. Pero, sumado a esto, se da el hecho de que en el transcurso de unas cuantas generaciones las cifras poblacionales superan fácilmente la cantidad de recursos disponibles. Lo que se genera, entonces, es una lucha por la supervivencia, una competencia por los recursos disponibles en la que sólo los más aptos o adecuados logran triunfar y sobrevivir. Esta lucha, según Darwin, es lo que da lugar al patrón de cambio que caracterizaría la historia de la vida (Ruse, 2012). En primer lugar, porque se genera una selección natural en la que sólo aquellos individuos con ciertas variaciones favorables para la supervivencia logran prolongar su especie. Las generaciones subsiguientes heredarían de sus progenitores esas mismas variaciones que les permitirán a su vez perpetuarse, siempre y cuando las condiciones ambientales persistan más o menos inalteradas. En caso de que otras condiciones ambientales se den, nuevas variaciones adaptativas serían seleccionadas. Este proceso de selección de nuevas variaciones provechosas para la supervivencia es lo que daría surgimiento a diferentes especies pues, como se ha dicho ya, nuevas variaciones se irían conservando y acumulando hasta el punto de

producir diferencias apreciables entre los diferentes linajes de una misma especie.

El anterior cuadro sería suficiente para explicar por qué algunas de las variaciones individuales se conservan, legándose a la descendencia, mientras que otras tantas se pierden. En el caso de aquellas variaciones que dan una ventaja al organismo u organismos que las poseen en términos de sus capacidades para sobrevivir y reproducirse, la conservación probablemente estará asegurada, pues el principio de la herencia garantiza en buena medida que dichas variaciones se preservarán de generación en generación, a través de la reproducción. Una vez que los organismos, con el tipo de variaciones exitosas, logran reproducirse y aumentar en número, los recursos disponibles para otras variedades de la misma especie comenzarán a disminuir progresivamente, con lo cual éstas correrán riesgo de extinguirse y, por tanto, de que sus variaciones distintivas se pierdan para siempre: “As natural selection acts solely by the preservation of profitable modifications, each new form will tend in a fully-stocked country to take the place of, and finally to exterminate, its own less improved parent-form and other less-favored forms with which it comes into competition. Thus extinction and natural selection go hand in hand.” (Darwin, 1876/2009: 134). En el árbol de la vida, esto significa que las ramas más fuertes desplazan a las más débiles hasta lograr su desaparición.

Cabe resaltar que aquellas variaciones que sean conservadas por mediación de la selección natural habrán de ser conceptualizadas como adaptaciones: se trata de alteraciones en las estructuras o funciones de un organismo por medio de las cuales éste adquiere más probabilidades de sobrevivir y de reproducirse en un ambiente determinado (Mai *et al.*, 2005). En este sentido, la selección natural actuaría como un mecanismo que permite la acumulación gradual de modificaciones que facilitan la adaptación de los seres vivos a sus respectivos entornos. De allí entonces que Darwin concibiera la historia de las especies como un largo proceso en el cual los diversos organismos se transformarían gradualmente para adaptarse a nuevas circunstancias ambientales, siendo cada modificación seleccionada provechosa de alguna manera para su portador. En contraposición, las especies y variedades que no logran

adaptarse a los cambios en sus entornos simplemente desaparecerían, ya sea porque serían reemplazadas por sus descendientes modificados, mejor adaptados a su entorno, o bien por especies diferentes, también mejor adaptadas. En el segundo caso, la especie extinta no dejaría descendencia alguna.

Finalmente, diremos que la eficacia causal de la selección natural para producir el surgimiento de nuevas especies depende particularmente de dos hechos establecidos por Darwin, y que ya hemos tenido oportunidad de discutir, a saber: la variabilidad biológica y la herencia. En lo que respecta a la variabilidad, ésta deberá ser entendida como la materia prima sobre la cual la selección natural actúa, pues como Coleman señala: “El verdadero punto de partida y el fundamento indispensable en el concepto de selección natural de Darwin y Wallace fue la abundante variación biológica. La selección tiene significado evolutivo a largo plazo sólo en tanto que designa el acto de perpetuar o eliminar diferencias entre los organismos” (2009: 126-127). Por otra parte, sin la herencia, la selección natural tampoco tendría significado evolutivo pues ella actúa como medio para preservar en el futuro las variaciones seleccionadas y, por tanto, sin ella no habría lugar para la descendencia con modificación o, lo que es lo mismo, para la acumulación gradual y continua de variaciones favorables para sus portadores.

Continuidad biológica

La idea de que hay continuidad entre las especies es uno de los corolarios fundamentales de la descendencia con modificación explicada a partir de la selección natural. El hecho de que en la naturaleza los procesos de especiación sean graduales y progresivos lleva a concebir las relaciones entre las especies como un continuo con diferentes gradientes. Cada especie, extinta o no, ocuparía un lugar específico en tal continuo y estaría conectada con las otras especies por un número definido de gradaciones claramente medibles, las cuales a su vez estarían representadas por otras variedades o especies con modificaciones intermedias (Mai *et al.*, 2005). Una de las

razones por las cuales esto es así, es que la acumulación de ligeras variaciones provechosas para los portadores a lo largo de generaciones conlleva un cambio gradual en las estructuras de las especies, por lo que no habría cabida para las llamadas saltaciones evolutivas.⁸ Así, pues, no tendría ningún sentido defender la posibilidad de que cierto órgano o estructura pueda aparecer *ex nihilo*, esto es, como una completa novedad morfológica. Por el contrario, cada uno de los caracteres morfológicos de los organismos debería concebirse como el resultado de un proceso gradual de transformación a partir de formas primitivas o menos evolucionadas presentes en los ancestros. Darwin mismo resumió esta conclusión de su teoría afirmando que todo órgano o estructura ha llegado a su estado actual a través de muchos estados graduales intermedios.

Darwin se apoyó en numerosos estudios de casos para respaldar su tesis de la continuidad. El más emblemático de todos fue el de las llamadas homologías en las morfologías, un asunto que había intrigado a los anatomistas por largo tiempo. Una homología en anatomía puede ser definida como la similitud existente entre las estructuras orgánicas de diferentes especies. Dicha similitud se da por ejemplo en el caso de las estructuras óseas de los miembros anteriores de los animales: “What can be more curious than that the hand of a man, formed for grasping, that of a mole for digging, the leg of the horse, the paddle of the porpoise, and the wing of the bat, should all be constructed on the same pattern and should include the same bones, in the same relative positions?” (Darwin, 1876/2009: 382) En este caso, lo que llamó poderosamente la atención de Darwin fue el hecho de que las diferencias en las estructuras de los miembros anteriores de animales tan disímiles como lo son el topo, el caballo o el hombre, fueran precisamente diferencias de grado y tendieran todas ellas a conservar el mismo plan general.

⁸ Lamarck ya defendía una visión de la evolución por saltos. En este sentido, sostenía, que en virtud de una tendencia o fuerza interna presente en los organismos surgirían espontáneamente nuevas formas o estructuras. Otro gran defensor de una teoría de la evolución por saltos fue Thomas Henry Huxley, gran amigo y defensor de Charles Darwin: “Mr. Darwin's position might, we think, have been even stronger than it is if he had not embarrassed himself with the aphorism *Natura non facit saltum*, which turns up so often in his pages. We believe... that Nature does make jumps now and then, and a recognition of the fact is of no small importance in disposing of many minor objections to the doctrine of transmutation.” (Huxley, 1893:77)

Ahora bien, insistir en las homologías es importante porque nos permite entender el estrecho vínculo que existe entre la idea de continuidad biológica y la teoría de la evolución por selección natural. Darwin, al igual que muchos de sus coetáneos, estaba convencido de que las especies no eran inmutables, de lo cual es un claro indicio la abundante diversidad de formas encontradas en el registro fósil. Pero, si bien el cambio y la variabilidad son una constante entre los seres vivos, también lo era para Darwin la semejanza. Las homologías son precisamente la mejor constatación de ese hecho y, como tales, planteaban un serio reto para el evolucionista, pues ¿cómo explicarlas y al mismo tiempo dejar lugar para la diversidad de las especies y su cambio biológico? La respuesta la encontró Darwin en los principios de la teoría de la selección natural. Por una parte, las variaciones individuales tenderían a ser ligeras en carácter, por lo que habría muy poca oportunidad para que se dieran lo que Darwin llamó “monstruosidades”.⁹ Esto es particularmente cierto en el caso de las variaciones morfológicas, donde queda en evidencia que “In changes of this nature, there will be little or no tendency to alter the original pattern, or to transpose parts.” (*Ibid.*: 383) En consecuencia, dado el carácter moderado de la variabilidad individual, la selección natural se vería restringida a actuar sobre modificaciones de estructura “ligerísimas”, según la expresión del propio Darwin, conservando aquellas que resultasen provechosas para la supervivencia y la reproducción, así como desechando las desfavorables. De esta manera, las modificaciones seleccionadas a lo largo de numerosas generaciones de descendientes de una forma madre inicial formarían un continuo, sin saltos o discontinuidades. A su vez, la mayor parte de estas modificaciones se referirían a caracteres específicos de la forma modificada como, por ejemplo, el tamaño o número de sus partes constituyentes, mientras que su orden o estructura quedaría inalterado. De allí entonces que sea posible encontrar, en ramas de descendencia colateral, homologías: caracteres que, a pesar de ciertas diferencias

⁹ Estos casos, aunque posibles, no tendrían ningún significado evolutivo en la medida en que dada su escasa ocurrencia, en especial en las especies en estado salvaje, “their preservation would depend on unusually favourable circumstances. They would, also, during the first and succeeding generations cross with the ordinary form, and thus their abnormal character would almost inevitably be lost.” (*Ibid.*: 34) En este punto, la ciencia de la Genética ha refrendado las palabras de Darwin.

continuas, comparten el plano general de sus partes constituyentes.

Para Darwin, el postulado de la descendencia con modificación –que encuentra su expresión más dramática en las homologías– nos obliga a reevaluar las diversas relaciones que guardan entre sí los seres vivos que han habitado la Tierra. Un primer paso en esta dirección lo dio el propio Darwin al proponer un sistema de clasificación basado en criterios completamente diferentes a los empleados hasta ese momento y que encontraba su punto de partida en las relaciones de parentesco entre las especies. Antes de la publicación de *OE*, el interés principal de los naturalistas se había centrado en la taxonomía, ciencia de la clasificación de los seres vivos. Como tal, la taxonomía tiene un origen antiguo, que se remonta a los escritos biológicos y lógicos de Aristóteles quien formuló los primeros criterios sistemáticos para agrupar y ordenar la gran diversidad biológica existente en grupos subordinados. Aunque no ahondaremos en estos criterios, cabe decir que la clasificación aristotélica –dominante en Occidente a lo largo de la Antigüedad y la Edad Media– se basaba en encontrar definiciones que capturaran “esencias”. Esto se conseguiría estableciendo, en primer lugar, el género al cual pertenece una especie; y en segundo lugar –lo que es quizá más importante– identificando la diferencia específica que distingue a la especie definida dentro de su género. En la modernidad, y de la mano de Linneo (1770-1778), este sistema de clasificación devino en la búsqueda de ordenar las especies mediante la enunciación de los caracteres comunes del género específico de cada una de ellas y añadiendo, en una sola frase, una descripción exhaustiva de sus características distintivas frente a otras especies del mismo género. Pese a ser bastante útiles y prácticos para los fines de la clasificación tanto el método aristotélico como sus versiones más modernas, considerados por sí solos, fueron considerados por Darwin como artificios incapaces de reflejar las complejas relaciones que guardan entre sí los seres vivos de todas las épocas. Lo primero y más importante que estos sistemas parecerían omitir son las diversas relaciones de afinidad genealógica entre las especies, que como tales ofrecerían un criterio natural de clasificación, pues nos permitirían enlazar todas las especies vivas y muertas mediante sus *mayores* y *reales* afinidades, lo cual nos daría

información sobre la filiación y el origen de cada una. En contraposición, el sistema aristotélico, así como su versión linneana más moderna, estarían basados en encontrar semejanzas superficiales o, si se quiere, accidentales,¹⁰ no siempre representativas de la filiación de una especie o variedad a una clase natural claramente reconocida. Un buen ejemplo de ello, señalado oportunamente por Darwin, lo constituye el caso de las afinidades existentes entre diversas especies en lo que respecta a sus órganos de mayor valor fisiológico o funcional, los cuales no siempre son tenidos en cuenta para la clasificación, tanto hoy en día como en tiempos del inglés. En tales casos, nadie pensaría que sólo por poseer aletas, por ejemplo, dos especies acuáticas deban pertenecer al mismo género o familia: “Hence, as has often been remarked, a species may depart from its allies in several characters, both of high physiological importance and of almost universal prevalence, and yet leave us in no doubt where it should be ranked.” (*Ibid.*: 367). Así, se da el caso de especies que, aun cuando apenas tienen caracteres comunes, son juzgadas como pertenecientes a la misma familia o género (Darwin da aquí el ejemplo de los crustáceos), gracias a que sabemos con bastante certeza que comparten un origen común que las vincula.

Sin embargo, Darwin mismo advierte que en no pocas ocasiones la labor de construir una clasificación natural corre el riesgo de fracasar, en virtud de que con frecuencia no se conocen las series de ascendientes de las formas estudiadas. Como solución a este *impasse* –causado en parte por lo incompleto del registro fósil disponible– Darwin sugiere la posibilidad de inferir la comunidad de origen a partir de las semejanzas entre las especies. Si bien esto pareciera ser una concesión al defensor de una taxonomía de corte aristotélico, Darwin aclara que las afinidades que tiene en mente habrán de servir como criterios para revelar un origen compartido y, por consiguiente, para clasificar las especies según su genealogía. Afinidades de este tipo serían precisamente los caracteres morfológicos homólogos entre especies. Estos caracteres se asemejan entre sí en animales con diferentes conformaciones y costumbres, debido a su descendencia de un antepasado común, cuyas estructuras

¹⁰ Darwin las denominó: semejanzas analógicas.

habrían experimentado modificaciones por selección natural para ajustarse a condiciones cambiantes de vida. Como tales, las homologías tendrían gran valor en la clasificación, en la medida en que revelarían un origen común y, en consecuencia, nos permitirían establecer con relativa certeza la filiación de una especie a una familia o género específico. Pero el aporte de las homologías a la clasificación, según Darwin, no se detendría en este punto, toda vez que a partir de ellas también es posible inferir los diversos grados de parentesco que guardan entre sí las formas pertenecientes a un mismo grupo. Esto se conseguiría a través de un análisis comparativo que nos permitiría establecer los diversos grados de diferencia que habría entre las estructuras homólogas de dos especies diferentes. Entre menos grados, las especies comparadas habrían divergido unas de otras hace muy poco.¹¹ Por tanto, las homologías serían indispensables para reconstruir una genealogía completa de las diversas especies que han habitado la Tierra a lo largo de su historia, incluyendo al hombre, por supuesto, lo cual ofrece una imagen de sus líneas de parentesco así como de sus relaciones mutuas.

Evolución y continuidad mental

El principio de la gradualidad que subyace a la explicación de las homologías morfológicas, también podría aplicarse sin problemas para explicar las afinidades y diferencias que Darwin creyó encontrar entre las mentes de los animales humanos y no humanos. En este sentido, Darwin pensaba que, sin importar cuán diferentes fuesen las capacidades cognitivas de dos especies cualesquiera, las mismas estarían conectadas por numerosos estados intermedios. De allí que las capacidades psicológicas humanas puedan ser explicadas como el resultado de una extensa historia evolutiva de acumulación de innumerables modificaciones en la descendencia. De hecho, en *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex* (1871/1985) (DM, en lo sucesivo) se llegó a afirmar que los poderes mentales característicamente humanos son el resultado

¹¹ En el texto *The Descent of Man*, Darwin emplea este tipo de análisis comparativo de estructuras homólogas para proponer una genealogía completa de la humanidad, desde las formas de vida primigenias hasta nuestros parientes más cercanos en la escala evolutiva: los primates.

de la interacción de facultades que han sido adquiridas de manera gradual a partir de un ancestro no humano. Por tanto, tampoco habría en este caso oportunidad para saltos evolutivos, por lo que cabría hablar de continuidad mental entre las especies animales. Este postulado –que llamaremos hipótesis de la continuidad mental (en lo sucesivo HCM) – también sería una consecuencia de conceptualizar el origen de las especies como el resultado de un proceso gradual de transformación a partir de la selección de ligeras variaciones provechosas para los portadores. Veremos que esta relación lógica entre la teoría de la evolución y la HCM será reforzada a través de la adhesión a un tipo de materialismo sobre lo mental, el cual haya expresión en el texto de 1871 *DM*, aunque también podemos encontrar antecedentes de dicha postura en las notas y apuntes que sirvieron de preparación para *OE* y otras obras posteriores (Darwin, 1987). A partir de este conjunto de textos, intentaremos reconstruir la filosofía de la mente darwiniana, la cual sirve de apoyo a la HCM al tiempo que permite su vinculación con el marco general de la teoría de la evolución por selección natural.

Sin embargo, antes de acometer tal empresa debemos ahondar en la HCM, por ser este un postulado que Darwin consideraba decisivo en su defensa de la teoría de la evolución. Tras la publicación de la primera edición de *OE*, se generó una ríspida disputa entre Darwin y sus críticos en torno al pretendido origen animal del hombre. En aquella época se solía objetar que si bien era posible encontrar ciertas afinidades biológicas entre el hombre y el resto de animales –las homologías en la forma habían sido discutidas por largo tiempo y se daban por sentadas–, la teoría de la evolución tendría que estar fundamentalmente equivocada en lo que respecta a la supuesta procedencia animal del hombre, toda vez que éste “differs so greatly in his mental power from all other animals” (Darwin, 1871/1985: 34). Esta diferencia era vista por algunos críticos –y sigue siendo vista así por muchos autores contemporáneos– como una brecha insalvable que revelaría una dimensión humana única y excepcional que, como tal, no hallaría precedente en ningún animal conocido o imaginable. Por consiguiente, la evolución, tal y como era entendida por Darwin, no podía ser la teoría adecuada para dar cuenta del origen del hombre ya que los particulares poderes

mentales que le caracterizan caerían fuera del alcance explicativo de la selección natural de ligeras modificaciones provechosas para el portador. La teoría de la evolución hallaría de esta manera su punto límite en el hombre, lo cual haría necesario explicar su origen a partir de un conjunto de categorías diferentes a las ya conocidas de descendencia con modificación y divergencia evolutiva. Darwin, consciente de lo que estaba en juego en esta discusión, respondió a sus críticos postulando y defendiendo la HCM.

En primer lugar, es importante hacer notar que la HCM no busca negar que entre el hombre y los animales no humanos haya diferencias importantes. El propio Darwin reconoce este hecho cuando afirma que no hay duda de que la diferencia relativa a las facultades mentales es enorme,

(...) even if we compare the mind of one of the lowest savages, who has no words to express any number higher than four, and who uses no abstract terms for the commonest objects or affections, with that of the most highly organised ape. The difference would, no doubt, still remain immense, even if one of the higher apes had been improved or civilised as much as a dog has been in comparison with its parent-form, the wolf or jackal. (Ibid.: 34)

Más bien, aquello que pretende negar la HCM es la validez del paso inferencial que da el crítico al concluir que existe una brecha insalvable entre el hombre y los animales partiendo de la premisa evidente de que hay grandes diferencias en sus funciones cognitivas. Al contrario, para Darwin, no habría diferencia fundamental, toda vez que, como él mismo pretenderá mostrar, una larga cadena de pasos intermedios conectan la cognición humana con la cognición animal. Todos esos pasos podrían identificarse y explicarse de tal forma que fuera posible establecer cómo a partir de ciertos rasgos psicológicos presentes en nuestros ancestros evolutivos, se fue desarrollando de manera gradual la cognición humana. Por consiguiente, no habría razón para dudar de

que las capacidades mentales que nos caracterizarían como especie son el resultado de un proceso gradual de modificación en la descendencia. Parafraseando a Darwin, podemos concluir que la diferencia entre el hombre y los animales, por más grande que sea, sería sólo de grado (su evolución fue gradual) y no cualitativa, como infieren apresuradamente los críticos.

Una vez aclarados los términos de la discusión, Darwin pasó a defender la HCM con datos empíricos. Un porcentaje minoritario de estos datos le fueron dados por terceros a través de comunicaciones privadas, o bien habían sido publicados en las pocas revistas científicas de la época. La escasez de datos disponibles –propia de las ciencias en nacimiento, como la etología– llevó a Darwin al trabajo pionero de diseñar, ejecutar y analizar un conjunto de ingeniosos experimentos de campo que proveyeran las bases necesarias para sustentar empíricamente la HCM. Al respecto, fueron emblemáticos de esta actitud científica los experimentos llevados a cabo con lombrices de tierra (Darwin, 1881/1945). Darwin, quien también había estudiado geología, buscó explicar la formación de los suelos fértiles a través de la capacidad de las lombrices para hacer circular el *humus* durante sus recorridos nocturnos en busca de materiales apropiados, hojas principalmente, para cubrir las entradas de los túneles que les sirven de refugio. A primera vista, se podría creer que las lombrices escogen y manipulan dichos materiales o bien por azar o bien conducidas por el instinto. Pero tras observar el comportamiento de las lombrices en ciertas circunstancias artificialmente creadas, Darwin se percató de que esas explicaciones iniciales podrían ser insuficientes. El caso de la explicación basada en el azar fue descartado fácilmente teniendo en cuenta que las lombrices exhiben una marcada preferencia por arrastrar las hojas por su cima o muy cerca de ella. Por otra parte, para descartar que las lombrices actuaran por una reacción instintiva, Darwin mostró que éstas no siempre arrastraban las hojas de la misma manera, pues cuando se trataba de hojas con base angosta y cima ancha, como las del *Rhododendron*, las lombrices preferían arrastrar las hojas por su base. Así mismo, Darwin esparció alrededor de la boca de los túneles numerosas hojas de plantas no nativas, así como pedazos de papel con diferentes formas. Para su

sorpreza, las lombrices se comportaban como lo habían hecho antes con las hojas nativas, esto es, arrastrándolas por su cima. El autor de *OE* pensaba que el resultado de este experimento era especialmente crucial, en la medida en que el instinto no podría indicarles a las lombrices cómo actuar ante elementos que sus progenitores nunca conocieron. Por tanto, concluye Darwin, el instinto no puede dar cuenta del comportamiento de las lombrices,¹² como tampoco puede hacerlo el azar: “If both these alternatives are excluded, intelligence alone is left; unless the worm in each case first tries many different methods, and follows that alone which proves possible or the most easy; but to act in this manner and to try different methods makes a real approach to intelligence.” (*Ibid.*: 45). Darwin fue incluso más allá, al plantear que las lombrices usan representaciones de los objetos arrastrados, las cuales forman al tocar dichos objetos con sus extremidades anteriores. “If worms have the power of acquiring some notion, however rude, of the shape of an object and of their burrows, as seems to be the case, they deserve to be called intelligent; for they then act in nearly the same manner as would a man under similar circumstances” (*Ibid.*: 58).

Por supuesto, Darwin no pensaba que la capacidad para categorizar estímulos sensoriales –lo que el autor inglés llamaba de manera genérica “inteligencia”– fuera la única facultad psicológica que compartiríamos con los animales no humanos. De hecho, su concepción al respecto era que algunas de las facultades que encontramos en los animales más primitivos, como las emociones o los instintos, constituyen las bases para la inteligencia de alto nivel. En lo que respecta a las emociones, el análisis darwiniano reviste especial interés en tanto que plantea una distinción entre emociones básicas, complejas e intelectuales. La primera de estas categorías hace referencia a las reacciones, tanto corporales como afectivas, que encontramos en todas las especies de animales y que serían controladas por mecanismos que operan a un nivel no consciente o involuntario. De allí que las expresiones corporales –en especial las faciales– de este tipo de emociones sean comunes a todas las especies animales. El placer, el dolor, la dicha y la tristeza serían algunas de las emociones pertenecientes a

¹² Aunque Darwin sí reconocía que el impulso de cubrir la entrada de los túneles era instintivo.

este primer grupo. Por su parte, las llamadas emociones complejas serían exclusivas de los animales superiores y del hombre, e involucrarían cierto grado de evaluación (*appraisal*) de las situaciones actuales. Algunos ejemplos de este segundo tipo de emociones serían los celos, que involucrarían una evaluación negativa de las caricias del dueño a otro animal, así como el orgullo y la pena, donde habría una evaluación – para el primer caso positiva y para el segundo negativa– de la situación del animal. Al igual que las emociones complejas, las emociones intelectuales serían comunes sólo al hombre y a los animales superiores y, según Darwin, constituirían la base para el desarrollo de las aptitudes mentales más elevadas. En esta categoría se incluyen la curiosidad y la sorpresa, así como el entusiasmo y el tedio.

En cuanto a la evidencia aportada en favor de la presencia de las emociones en animales, Darwin asume como evidente que las emociones básicas afectan a los animales en igual medida que a los hombres. El terror, por ejemplo, se manifiesta en todos los casos de igual forma: “(...) causing the muscles to tremble, the heart to palpitate, the sphincters to be relaxed, and the hair to stand on end.” (Darwin, 1871/1985: 39) El amor maternal también encontraría manifestación en las hembras de todas las especies así como en las mujeres de todo el mundo. De manera anecdótica, el autor inglés da cuenta de una serie de situaciones en las que las hembras de diferentes especies de simios manifiestan este tipo de emoción a través de conductas complejas; un ejemplo emblemático es el caso de una hembra de babuino que adoptaba a los pequeños monos de otras especies así como a cachorros de perros y gatos. Cuando se refiere a las emociones complejas, Darwin también ofrece un amplio catálogo de anécdotas, en las que los protagonistas son los perros de su hogar. Sin embargo, la situación cambia cuando aborda el caso de las emociones intelectuales. Una vez más, Darwin diseña una serie de experimentos de campo en los que pretende poner a prueba las aptitudes de los sujetos experimentales, en este caso los primates del Jardín Botánico de Londres. Inspirado por el relato del zoólogo austríaco amigo suyo, Alfred Brehm,¹³ Darwin decide comprobar si los monos sienten curiosidad hasta el

¹³ Darwin había leído con detalle uno de los más famosos libros de Brehm *Thierleben* (1876), traducido al inglés, libro que le sirvió para elaborar, otra vez inspirado en el comportamiento de los papiones etíopes

punto de vencer sus miedos más instintivos. Primero, acerca una serpiente disecada al cercado donde los monos se encuentran, para comprobar su excitabilidad frente a esta clase de estímulos. Como norma general, cunde la alarma en el grupo, particularmente en las especies de Cercopitecos, que reaccionan emitiendo una serie de agudos chillidos, los cuales sirven como aviso a otros monos sobre el peligro latente. Tras unos cuantos experimentos similares, todos con iguales reacciones de terror, el experimentador decide presentar estímulos diferentes, un pez muerto o un ratón, entre otros, los cuales no generan la misma turbación. Esta última prueba demuestra el ingenio del autor inglés, pues le permite descartar que los monos sientan temor ante la presencia de cualquier tipo de objetos desconocidos. En la segunda parte del experimento, se introduce una serpiente viva en un saco mal cerrado, lo que genera alarma, como en el primer caso, en el grupo de primates. Sin embargo, esta vez los monos no se alejan inmediatamente, sino que uno tras otro se acercan al saco para examinarlo, y sólo después huían chillando cuando veían la serpiente. De esta manera, parece confirmarse, en primer lugar, lo dicho por Brehm y, en segundo lugar, que los primates llegan a sentir curiosidad como nosotros lo hacemos.

La atención es para Darwin la facultad más importante para el progreso intelectual del hombre, la cual se manifiesta también en los animales, “as when a cat watches by a hole and prepares to spring on its prey.” (Darwin, 1871/1985: 44). En tales casos, los animales suelen concentrarse por completo en el objeto observado, de tal forma que ignoran cualquier otro estímulo que se les presente. Darwin cree detectar esta facultad mental en las lombrices de tierra, pues en algunas ocasiones parece no importarles la luz, a la cual son muy sensibles en la mayoría de circunstancias. En los animales superiores, como los monos, la atención parece ser variable, al igual que en el hombre. Al respecto, el autor inglés cita el testimonio de un entrenador de circo, quien reportó que algunos monos se concentraban bastante bien cuando él les explicaba algo, mientras que otros se distraían fácilmente con el pasar de una mosca o ante la vista de

(*Hamadryas hamadryas*) explicado por el naturalista austríaco, el concepto de altruismo, comparándolo con el comportamiento de los fueguinos cuya tierra visitara, en su juventud, durante el periplo del Beagle (Martínez-Contreras, 2010).

cualquier objeto novedoso.

El análisis de la memoria en *DM* es especialmente interesante, pues plantea un conjunto de distinciones y de explicaciones que serán retomadas posteriormente por la psicología cognitiva. Por ejemplo, parecen distinguirse en este estudio los tres tipos de memoria reconocidos actualmente: de largo plazo, de corto plazo y de trabajo. El primer tipo –que se contrapone a un tipo de memoria inestable y de breve duración– recibe especial atención, pues se identifican varios episodios en los que diferentes animales reconocen a sus amos tras una larga ausencia. El propio Darwin pone a prueba a su perro, el cual no veía en el transcurso de cinco años: “I went near the stable where he lived, and shouted him in my old manner; he showed no joy, but instantly followed me out walking and obeyed me, exactly as I had parted with him only half-an-hour before.” (*Ibid.*: 45) En este caso el perro recordaría a su amo pues: “A train of old associations, dormant during five years, had thus been instantaneously awakened in his mind.” (*Ibid.*: 62) Esta explicación se acerca bastante a lo planteado por las recientes teorías de la memoria, las cuales postulan que recordar es, esencialmente, revivir en la imaginación eventos pasados. Los recuerdos así entendidos podrían ser usados en la realización de otras actividades cognitivas: “But can we feel sure that an old dog with an excellent memory and some power of imagination, as shown by his dream, never reflects on his past pleasures in the chase?” (*Ibid.*: 45). Este tipo de memoria transitoria, conocida actualmente como memoria de trabajo, estaría ligada a la dimensión temporal y a la necesidad de relacionar informaciones dispersas (Houdé *et al.*, 2003: 284), tal y como se evidencia en el ejemplo anterior. A manera de reflexión final sobre el tema de la memoria, Darwin señala que los animales también son capaces de recordar la periodicidad de eventos recurrentes, aunque no aporta ninguna prueba a favor.

Hemos tenido oportunidad de discutir el planteamiento sobre las capacidades intelectuales de las lombrices, en particular lo referente a su supuesta habilidad para formar y manipular representaciones de los objetos percibidos. Sin embargo, el razonamiento también estaría vinculado estrechamente al aprendizaje o resolución de

problemas mediante la experiencia adquirida.¹⁴ Darwin, cita numerosos casos de animales que usan su experiencia individual, y no sólo el instinto heredado, como guía para adaptarse a sus respectivos entornos. Al respecto, se cita un episodio referido por el naturalista suizo Johann Rudolf Rengger: “when he first gave eggs to his monkeys, they smashed them and thus lost much of their contents; afterwards they gently hit one end against some hard body, and picked off the bits of shell with their fingers” (Darwin, 1871/1985: 47). Así, ante un problema como el de abrir huevos sin derramar su contenido, los monos aprendieron rápidamente que la mejor manera de resolverlo era siendo cuidadosos para no quebrar la cáscara del huevo por completo (Martín-Ordás & Call, 2012). Otro ejemplo de aprendizaje individual, proveniente de la misma fuente, es el siguiente: cierto día Rengger decidió esconder una avispa en el envoltorio que usualmente empleaba para darles terrones de azúcar a sus monos, quienes, confiados, lo abrieron, siendo picados por el insecto. Tras esta dolorosa experiencia se dice que los monos adoptaron la precaución de no abrir el envoltorio inmediatamente después de que les era entregado, pues primero lo acercaban al oído para asegurarse de que no hubiera una avispa adentro de nuevo. Incluso, Darwin pensaba que los animales pueden aprender de manera colectiva, tal y como lo atestiguan los numerosos cambios en la conducta animal a lo largo de varias generaciones. Por regla general estos cambios surgirían en el contexto de evitar peligros como el ser trapeado o envenenado, bien sea por la acción intencional de los humanos o debido a circunstancias más naturales. Un buen ejemplo es el caso de algunos primates, entre ellos papiones y monos verdes de la sabana africana, quienes en el transcurso de unas pocas generaciones aprenden que no deben comer ciertos tipos venenosos de bayas.

Ahora bien, en *DM* encontramos vinculado el aprendizaje al uso y fabricación de herramientas, capacidades que en la época victoriana eran pensadas como exclusivas de los humanos. Haciendo referencia de nuevo a Rengger se afirma que:

¹⁴ En psicología suelen distinguirse varios tipos de aprendizaje, algunos de los cuales contrastan notablemente con la noción considerada por Darwin. Entre estos destacaría la noción de aprendizaje por refuerzo, donde la conducta animal es estereotipada. Véase el capítulo 2.

[He] easily taught an American monkey thus to break open hard palm-nuts, and afterwards of its own accord it used stones to open other kinds of nuts, as well as boxes. It thus also removed the soft rind of fruit that had a disagreeable flavour. Another monkey was taught to open the lid of a large box with a stick, and afterwards it used the stick as a lever to move heavy bodies (Darwin, 1871/1985: 51).

Que el aprendizaje no es simplemente imitativo, es sugerido por el uso estable que los monos dan a las herramientas en diferentes contextos, así como por el hecho de que los chimpancés en estado natural utilizan piedras como herramientas para cascar nueces (cosa que también hacen los monos capuchinos de América), dato que también será retomado de un trabajo pionero de la época.¹⁵ En estos casos, los primates, tras un largo proceso de interacciones, habrían llegado a descubrir la funcionalidad que pueden poseer algunos objetos de su entorno. Este tipo de aprendizaje también estaría involucrado en la fabricación de herramientas, al que se añadiría la habilidad motriz para dar forma a los objetos según un plan previamente establecido. Hoy en día sabemos con certeza que nuestros antepasados evolutivos, comenzando por el *Homo habilis*, fabricaron herramientas, hecho que Darwin ya había anticipado.

Este recuento del análisis darwiniano de las facultades mentales en los animales no estaría completo sin el lenguaje, tema que el autor inglés trata de manera extensa y cuidadosa tanto en *DM* como en la obra *The Expression of the Emotions in Man and Animals* (1890/2009) (en lo sucesivo *EEMA*). En ambos textos se parte de conceptualizar comportamientos como los chillidos en ciertas especies de monos, el ladrido de los perros, el canto de las aves o algunos gestos faciales de los grandes simios como expresiones de emociones básicas, entre las cuales se destacarían el amor, los celos, el júbilo, y el reto a los rivales, todas asociadas al cortejo y al apareamiento. Además, algunas de estas conductas serían usadas para representar objetos percibidos, tal y como lo hicieron los monos del Zoológico de Londres ante la

¹⁵ Nos referimos al estudio de Savage y Wayne (1843-1844) citado por Darwin en *The Descent of Man*.

vista de la serpiente falsa. Esto supone que los animales son capaces de emplear señales, es decir, herramientas comunicativas que tratan sobre el mundo circundante. Darwin advierte, sin embargo, que la comunicación animal es muy limitada si se le compara con el lenguaje humano, toda vez que éste se usa para expresar una gran variedad de ideas definidas y no solamente emociones intensas o percepciones inmediatas. Para Darwin, este poder casi infinito para asociar los sonidos más diversos con ideas variadas sería distintivo de los humanos y sería uno de los elementos que daría origen a la particular forma en que nos comunicamos.

Cabe señalar que las anteriores observaciones no implicaron el abandono de la HCM, toda vez que Darwin asumía que el lenguaje humano, con toda y su increíble riqueza funcional, evolucionó a partir de sistemas comunicativos menos complejos. La primera hipótesis que Darwin aventura a este respecto es que la capacidad para generar nuevos sonidos que sirvieran como símbolos –representaciones de ideas– surgió como resultado de la imitación y modificación de sonidos naturales, de las voces de otros animales y de las expresiones vocales de las emociones básicas. En este sentido, se especula el desarrollo de una especie de canto para el cortejo al que después habrían seguido intentos por imitar sonidos naturales. “As the voice was used more and more, the vocal organs would have been strengthened and perfected through the principle of the inherited effects of use; and this would have reacted on the power of speech” (Darwin, 1871/1985: 57), esto es, en la capacidad para generar a voluntad más y más variados sonidos. A su vez, el perfeccionamiento de los órganos vocales habría estimulado el desarrollo de la inteligencia, lo que habría permitido que ideas y nociones antes separadas unas de otras se pudieran vincular en el habla incipiente, dando lugar a pensamientos más complejos:

(...) but we may confidently believe that the continued use and advancement of this power would have reacted on the mind by enabling and encouraging it to carry on long trains of thought. A long and complex train of thought can no more be carried on without the aid of words, whether spoken or silent, than a long

calculation without the use of figures or algebra (*Ibid.* 57).

En contraposición, la mente animal, limitada por no contar con el apoyo externo del habla, sólo sería capaz de imaginar series de ideas concretas (*vivid*) y conectadas entre sí. Más aún, “ It appears, also, that even ordinary trains of thought almost require some form of language, for the dumb, deaf, and blind girl, Laura Bridgman, was observed to use her fingers whilst dreaming” (*Ibid.* 57). Finalmente, a partir de la aparición de una forma primitiva de lenguaje articulado se habrían desarrollado las lenguas actuales, proceso que habría seguido un patrón de cambio gradual, muy similar al exhibido por la evolución de las especies animales.

Sin embargo, de entre todos los *poderes mentales* el que más dudas suscitaba sobre el supuesto origen natural del hombre era su sentido moral, en tanto que constituiría la mayor diferencia con los animales. Sintomática de esta actitud escéptica es la opinión de Immanuel Kant, citada por Darwin: “Duty! Wondrous thought, that workest neither by fond insinuation, flattery, nor by any threat, but merely by holding up thy naked law in the soul, and so extorting for thyself always reverence, if not always obedience; before whom all appetites are dumb, however secretly they rebel; whence thy original?” (Kant, 1836: 136) Para el filósofo de Königsberg, el carácter moral, en tanto que expresión distintiva de la libertad humana, se resistiría a ser explicado cómo proceso natural o biológico.

A pesar de la aparente oposición entre libertad y naturaleza, Darwin, convencido de que la perspectiva evolucionista podía dar cuenta de la condición humana, concibió la moralidad como un desarrollo de los vínculos sociales que es posible encontrar en cualesquiera grupos de animales organizados. Ejemplos de esta clase de vínculos serían las asociaciones entre animales de la misma especie para conseguir un fin específico diferente de la reproducción: procurarse alimentos en manada, autodefensa colectiva, eliminación de parásitos, etc. En todos estos casos, actuaría en los animales involucrados un fuerte sentimiento innato de simpatía que los llevaría a prestar sus

servicios a otros individuos de la misma especie. A su vez, en algunos animales este sentimiento se vería reforzado bien fuera por el desarrollo de algo muy parecido a la inteligencia social o bien por ciertas emociones complejas, como el placer o la satisfacción que se experimentan cuando se vive en compañía. Pero sin importar cómo haya nacido, la simpatía parece ofrecer una ventaja evolutiva a todos aquellos animales que dependen de sus congéneres para sobrevivir, pues asegura la cooperación necesaria para alcanzar ciertos beneficios que no pueden obtenerse de otra manera (Rosas, 2012: 487). Por tanto, todos aquellos grupos poblacionales con mayor cantidad de individuos sociables serán favorecidos en la lucha por la vida, lo que les permitiría reproducirse más que los grupos de egoístas.¹⁶

Una vez desarrolladas ciertas facultades mentales, como la imaginación o el razonamiento, las acciones opuestas a los instintos sociales darán lugar al arrepentimiento y al remordimiento, actitudes consideradas típicamente como morales. En no pocas ocasiones durante la vida de un animal los sentimientos sociales serán superados por otros instintos, como cuando en la primavera las golondrinas hembras se ven llevadas a abandonar sus nidos para emigrar. Sucedería lo mismo en el caso de aquellos hombres que, guiados por impulsos violentos, asesinan o causan daños a sus semejantes. Sin embargo, los instintos sociales, aunque débiles en ciertas ocasiones, parecerían ser más duraderos. Tal es el caso del instinto maternal de la golondrina, que la lleva a hacerse cargo de su nido durante la mayor parte del año con gran diligencia. Y, a menos que un hombre sea un psicópata, preferirá llevarse bien con sus semejantes antes que hacerlos sufrir cada vez que tenga oportunidad. En contraposición, aquellos instintos que pueden llegar a reñir con la sociabilidad, son, en la mayoría de los casos, pasajeros y pueden ser satisfechos por algún tiempo. El carácter permanente de la sociabilidad, una vez más, es explicado por selección natural: no basta con que un individuo tenga ciertos instintos sociales si éstos no

¹⁶ Esta visión de la selección natural como un mecanismo que favorece a los grupos de colaboradores se contrapone abiertamente a la visión del etólogo Richards Dawkins quien en su ya célebre libro *The Selfish Gene* (1976) defendió la primacía evolutiva del egoísmo. La tensión entre estas visiones se resuelve si se entiende la selección natural como un mecanismo multinivel, tal y como lo hizo el propio Darwin, donde los organismos que favorecen al grupo serían más aptos individualmente que aquellas unidades que lo perjudican (cfr. Rosas, 2012).

forman parte del repertorio de respuestas habituales que le permiten reaccionar rápidamente ante los peligros que amenazan a su grupo. Por consiguiente, los instintos sociales estarían siempre presentes y en algún grado siempre estarían activos en la mente, pues en animales altamente sociales constituyen los deseos y sentimientos más fuertes y duraderos y, como tales, buscarían ser satisfechos en la mayoría de ocasiones. De allí que al recordar aquellos casos en los que hemos actuado en contra de los instintos sociales sobrevengan el arrepentimiento o el remordimiento, pues el deseo que hemos satisfecho a través de esas acciones se desvanece rápidamente, y en su lugar se encuentran los instintos sociales, ahora insatisfechos. Darwin concluye que todo ser que se encuentra en capacidad de juzgar sus propias acciones de esta manera podrá ser considerado plenamente como un agente moral, sin importar si sus acciones son producto de deliberaciones o si por el contrario surgen como respuestas automáticas, lo cual parece ser más la regla que una excepción.

La anterior explicación, si bien nos pone en el camino correcto para naturalizar la moral y explicarla desde una perspectiva evolucionista, adolece de una gran limitación, señalada por el propio Darwin. Se trata del siguiente problema: los agentes morales guiados únicamente por sus instintos sociales actuaran buscando siempre el mayor bien aparente para el grupo, soslayando de esa manera lo que Darwin llama “self-regarding virtues, which do not obviously, though they may really, affect the welfare of the tribe” (Darwin, 1871/1985: 96). Este sesgo se explica en parte porque las llamadas virtudes individuales implicarían un sacrificio personal que *prima facie* ni siquiera parece redundar en beneficio del grupo. Tal es el caso de la temperancia, ejemplo escogido por el propio Darwin. Pero entonces, ¿cómo explicar desde una perspectiva evolucionista el origen de este tipo de virtudes morales, ampliamente apreciadas en las naciones occidentales? Una respuesta satisfactoria a esta pregunta pasa por explicar por qué las virtudes personales dejaron de ser consideradas en un momento de la evolución del hombre como simples sacrificios innecesarios y pasaron a tener un valor evolutivo positivo, tanto para el grupo como para el individuo. Al respecto, Darwin especula que, con el advenimiento del habla, en las primeras sociedades humanas el arrepentimiento

y el remordimiento pudieron expresarse como también la opinión que cada hombre se formaba de las acciones de sus congéneres, lo cual dio lugar a la alabanza y el reproche. Entre estas opiniones, destaca Darwin aquellas relativas a las virtudes personales, que pronto pasaron a recibir una sanción social positiva, pues fueron vistas como actitudes morales que cohesionan al grupo social. En contraposición, quienes descuidaban la práctica de las virtudes personales eran vistos como egoístas y recibieron una sanción social negativa. Tan pronto como las prácticas de la alabanza y el reproche se extendieron dentro de los primeros grupos humanos, éstas lograron institucionalizarse a través de la promulgación de códigos escritos de conducta que determinaban los castigos para los egoístas, los cuales ahora sacrificarían más por ir en contra de las virtudes individuales que por acatarlas. Con la amenaza del castigo siempre presente, los seres humanos, congregados ahora en sociedades de tamaño medio, se habrían habituado a obedecer las virtudes sancionadas de manera positiva, lo cual a su vez habría contribuido en la formación de un sentido moral que halla su fundamento, no en instintos sociales heredados, sino más bien en “certain faculties of moral intuition certain emotions responding to right and wrong conduct, which have no apparent basis in the individual experiences of utility” (Spencer, 1868: 722). Dado el carácter completamente altruista de este sentido moral, las virtudes individuales fácilmente prevalecerían dentro del grupo, asegurando la cooperación y la cohesión aún a costa de algunos sacrificios personales.

Quisiera terminar señalando un aspecto de la HCM que dará paso al tema de la siguiente sección. Me refiero específicamente a la visión adaptativa de la cognición que se sigue de conceptualizar los poderes mentales de los animales no humanos en términos de su contribución a la acción. En numerosos apartes de *OE*, Darwin otorga un papel muy destacado al comportamiento dentro del esquema de la selección natural, pues considera que éste es determinante en la lucha por la vida. En efecto, sin los patrones de conductas apropiados para ciertas condiciones ambientales sería imposible la consecución por parte de un organismo de los recursos necesarios para su supervivencia –alimentación, protección, etc–. Ese sería el caso, por ejemplo, de las

lombrices, si no tuvieran el hábito de construir túneles y cubrirlos con los materiales irregulares a su disposición. Y si un animal sociable no fuese altruista, simplemente sería apartado del grupo y dejaría de recibir los beneficios de la vida en sociedad. Sin embargo, dichas habilidades, al igual que las habilidades complejas de cualquier otro animal, serían inexplicables sin el concurso de poderes mentales cuya función principal fuese la de guiar la acción de manera apropiada. En este sentido, la inteligencia también constituye una ventaja en la lucha por la vida, incluso una más básica que la constituida por los patrones de comportamiento que posibilita. Pero si la cognición cumple una función adaptativa tan obvia, cabría preguntarse entonces, ¿por qué no todos los animales la exhiben al mismo nivel?, ¿por qué en algunos animales está más desarrollada que en otros? Estas preguntas sobre el desarrollo filogenético de la cognición son análogas a los cuestionamientos que algunos críticos de la teoría de la evolución hacían con respecto al desarrollo desigual de las funciones corporales en diferentes animales. Como se recordará, Darwin sostenía que los cambios en las funciones de un organismo se explicaban siempre en relación con cambios más básicos en sus estructuras corporales. Así, ante la pregunta “Why have nut seals and bats given birth on such islands to forms fitted to live on the land?” (Darwin, 1876/2009: 180) Darwin responde que dichos animales primero tendrían que adaptarse a la vida terrestre, lo cual implicaría un cambio apreciable en algunas de sus estructuras corporales. Sin embargo, estos cambios sólo serían benéficos, y por tanto seleccionados, bajo ciertas condiciones ambientales favorables. Por ejemplo, dado el gran cuerpo de las focas, éstas difícilmente podrían hallar el alimento necesario para suplir sus requerimientos energéticos en la superficie de alguna isla oceánica, donde de por sí abundan depredadores hábiles como reptiles y aves rapaces. El mismo esquema es sugerido para explicar el desarrollo de la cognición, sólo que en este caso la estructura orgánica que habría de variar sería el cerebro, el cual, al aumentar en poder (*power*), tamaño y organización otorgaría una clara ventaja en la lucha por la supervivencia: “No one, I presume, doubts that the large size of the brain in man, relatively to his body, in comparison with that of the gorilla or orang, is closely connected

with his higher mental powers” (Darwin, 1871/1985: 145) Al igual que con el desarrollo de otras estructuras corporales, el aumento en el tamaño del cerebro se habría dado dentro de un marco de condiciones favorables, como por ejemplo la disponibilidad de abundantes recursos para sustentar el mayor gasto energético de lo que Darwin llamó: “the most important of all organs” (Darwin, 1871/1985: 10)

Filosofía de la mente darwiniana

Queda claro entonces que, para Darwin, la importancia del cerebro radica en servir de soporte material de los poderes mentales necesarios para la supervivencia. Esta relación sería análoga a las que guardan diferentes estructuras corporales con sus respectivas funciones: el estómago con la digestión o los pulmones con la respiración. Todos estos casos tienen en común que la función referida no es otra cosa que algo que hace el órgano correspondiente cuando realiza un conjunto específico de procesos físicos. En este sentido, se entendía la relación mente-cuerpo como una relación de dependencia causal en la que el cerebro tendría el poder, dada su actividad particular, para producir toda clase de fenómenos mentales. Gracias a que esta concepción hacía innecesaria la postulación de otro tipo de sustancia diferente a la materialidad de nuestro cerebro para explicar lo mental, Darwin la bautizó con el nombre de “materialismo” (Darwin, 1987: 532-533). De esta manera, el autor de *OE* refrendaba su intención original de dar cuenta de los fenómenos estudiados apelando únicamente a causas naturales.

Como era de esperar, Darwin nos ofrece un catálogo de hechos que respaldarían empíricamente su postura materialista. En este sentido, fueron de especial importancia los datos neuropsicológicos que daban cuenta de la alteración de las funciones cognitivas como consecuencia de lesiones cerebrales profundas. Si bien la neuropsicología también era una ciencia incipiente a mediados del siglo XIX, para la época ya había numerosos estudios de casos, algunos de los cuales llamaron poderosamente la atención de Darwin. Entre ellos cabe destacar el de un tal Señor

Corbet, paciente de Robert Darwin, padre de Charles. El sujeto en cuestión, quien había sufrido un derrame cerebral, era incapaz de comprender el lenguaje hablado, aunque podía producirlo. De igual manera conservaba la habilidad para comprender el lenguaje escrito, aspecto que impresionó notablemente a Darwin, ya que revelaba el carácter selectivo del déficit cognitivo causado por el daño cerebral (Jacyna, 2009). En general, la estrecha conexión entre el cerebro y las facultades mentales era evidente en el caso de aquellas enfermedades cerebrales “(...) in which speech is specially affected, as when the power to remember substantives is lost, whilst other words can be correctly used” (Darwin, 1871/1985: 58) De esta manera, los datos neuropsicológicos disponibles fueron usados por Darwin como evidencia a favor de la profunda dependencia que existiría entre los fenómenos mentales y la actividad física del cerebro.

Ahora bien, a pesar de lo verosímil que resulta el materialismo a la luz de la evidencia neuropsicológica disponible, Darwin mismo reconoció que para la época no había mucha claridad sobre el funcionamiento del cerebro, por lo que era imposible establecer con certeza qué tipo de procesos físicos serían los encargados de realizar las funciones cognitivas. En términos generales, sin embargo, era claro para Darwin que el aumento de la complejidad cerebral en la escala filogenética había redundando en una mayor competencia psicológica de los organismos. Para llegar a tal conclusión Darwin consideró la relación entre el comportamiento y la evolución del sistema nervioso. Lo primero que observó fue que, cuanto más aumentaba en complejidad el cerebro de las especies animales, más contraste se evidenciaba entre el comportamiento inteligente y las conductas instintivas, y que, en consecuencia, “(...) it is not improbable that they may to a certain extent interfere with each other's development” (*Ibíd.*: 38). Esta interferencia, que se manifestaría de manera paradigmática en la inhibición de las respuestas instintivas en determinadas circunstancias, tendría una explicación neuronal: el surgimiento de la inteligencia es el resultado del desarrollo del cerebro en un órgano cuyas partes se encuentran interconectadas a través de diversos canales de comunicación; “and as a consequence each separate part would perhaps tend to become less well fitted to answer in a definite

and uniform, that is instinctive, manner to particular sensations or associations” (*Ibid.*: 38). Así, pues, para Darwin el aumento de las conexiones cerebrales redundaría en un mayor control del comportamiento, puesto que dicho aumento facilitaría que partes del cerebro que antes permanecían desligadas de la acción pudieran influir en ésta a través de su actividad particular, lo que permitiría un mayor control de las respuestas conductuales.

Sin embargo, lo interesante del materialismo darwinista no es que ofrezca una explicación definitiva de los poderes mentales sino que más bien propone entenderlos a partir del mismo esquema que ya había sido empleado en *OE* para dar cuenta de los rasgos biológicos de los seres vivos, el cual distingue y vincula dos niveles distintos de explicación (Searle, 2013). A manera de ejemplo, consideremos cómo se explica actualmente, bajo el esquema introducido por Darwin, el color de la piel en el *Homo sapiens*. Desde un punto de vista puramente causal o mecánico, dicho rasgo sería el resultado de la concentración en la epidermis del pigmento conocido como melanina, el cual absorbe la luz de manera proporcional a su nivel de acumulación en las células de la piel. Esta variación habría sido muy importante para la adaptación de nuestros ancestros a la sabana africana, pues los habría protegido de los nocivos rayos ultravioleta en una zona del planeta donde los niveles de radiación suelen ser muy altos. De esta manera, un mismo rasgo, el color de la piel en los humanos, tendría no sólo una explicación mecánica o causal, sino también una explicación funcional en términos de su contribución a las probabilidades de supervivencia de un organismo. Pero, como lo pone de manifiesto nuestro ejemplo, dicha contribución es tan sólo una consecuencia de la realización de ciertos procesos físicos en el organismo. Así, decimos que la piel del *Homo sapiens* presenta cierta coloración porque en la epidermis hay un conjunto de pigmentos conocidos como melanina; y porque se presenta cierta coloración en la piel, los *Homo sapiens* tienen más probabilidades de sobrevivir en la sabana africana. El mismo esquema subyace al materialismo sobre lo mental propuesto por Darwin, en la medida en que se conceptualizan los poderes mentales como el resultado de ciertos procesos físicos en el cerebro de los animales. Y, además, porque

esos poderes resultan beneficiosos serán seleccionados y legados a la descendencia.

Por último, el materialismo explicaría por qué no hay cabida para la discontinuidad mental entre las especies animales. Lo primero que debe considerarse es que, al igual que en el caso de otras estructuras orgánicas, es posible encontrar numerosas homologías entre el cerebro humano y el de los animales no humanos. Para respaldar su punto, Darwin apela al trabajo del neurólogo Alfred Vulpian, pionero en el estudio de las funciones cerebrales:

Les différences réelles qui existent entre l'encéphale de l'homme et celui des singes supérieurs, sont bien minimales. Il ne faut pas se faire d'illusions à cet égard. L'homme est bien plus près des singes anthropomorphes par les caractères anatomiques de son cerveau que ceux-ci ne le sont non seulement des autres mammifères, mais mêmes de certains quadrumanes, des guenons et des macaques (Darwin, 1871/1985: 11, en francés en el original).

Entre las características análogas destacadas por Darwin se encontrarían los llamados “giros cerebrales”, los cuales revisten gran importancia anatómica y funcional.¹⁷ Cada una de estas estructuras en el cerebro humano tendría su análoga en el del orangután, si bien en ninguna etapa de su desarrollo ontogenético el cerebro de ambas especies llega a coincidir por completo. De hecho, si ese fuera el caso, el nivel de desarrollo de sus poderes mentales sería exactamente el mismo. Pero, como ambas especies han estado sometidas a procesos de selección natural que las han llevado a divergir de manera gradual entre sí, su cerebro, si bien conservará una estructura general heredada de un antepasado común, tenderá, por regla general, a variar ligeramente en sus rasgos específicos. De allí, entonces, que quepa esperar continuidad mental entre las especies, toda vez que el órgano que sirve de sustrato

¹⁷ Se trata de las circunvoluciones de la superficie del cerebro generadas al plegarse la corteza cerebral sobre sí misma.

material a los poderes mentales variará gradualmente de una especie a otra sin que ocurran saltos evolutivos, esto es, sin que haya lugar para un cambio súbito y repentino en la estructura del sistema nervioso central. Por el contrario, asume Darwin, el cerebro, al igual que el resto de órganos, conservará un mismo plan general, variando más bien en su tamaño relativo así como en la complejidad de las interconexiones entre las diversas áreas cerebrales. A medida que estas interconexiones aumentan en la escala filogenética, habría cambios importantes en las funciones cognitivas, pues áreas que antes permanecían aisladas unas de otras ahora podrán interactuar entre sí dando lugar de esa manera a los poderes mentales distintivamente humanos: lenguaje, planificación de la acción, sentido moral, etc. Podemos concluir que en virtud de nuestra biología e historias evolutivas compartidas nuestra especie tendría en común con otras especies animales rasgos psicológicos y del cerebro.

Capítulo II

Hipótesis de la continuidad mental y las ciencias del comportamiento

En el capítulo precedente discutimos la HCM a la luz de lo dicho por Charles Darwin en varias de sus obras más importantes. En primer lugar, analizamos los conceptos de descendencia con modificación y selección natural. Luego consideramos la noción de continuidad en el marco de la teoría de evolución por selección natural de ligeras modificaciones provechosas para el portador. Finalmente, examinamos la HCM y su relación lógica con los distintos conceptos discutidos a lo largo del capítulo.

Al igual que con varias de las tesis vertidas por Darwin, la HCM ha tenido un impacto profundo en el desarrollo de diversas ramas de las ciencias naturales o ciencias de la vida. Me refiero específicamente a la etología y la psicología comparada. Como veremos en el presente capítulo las citadas disciplinas han tenido como eje articulador la HCM, ésto tanto desde un punto de vista conceptual como metodológico. Si bien no pretendemos ofrecer un recuento históricamente exhaustivo del desarrollo de ambas disciplinas, a lo largo del presente capítulo sí prestaremos especial atención a la forma en que la HCM ha ido configurando los términos del debate científico en torno a la mente y el comportamiento animal.

Analizaremos los siguientes temas:

- (1) La HCM y la Etología
- (2) La HCM y la Psicología Comparada.

Continuidad mental y etología

Pero volvamos entonces a la HCM y veamos algunas de sus consecuencias para las ciencias del comportamiento. Lo primero que cabe decir al respecto es que dicha hipótesis, tal y cómo fue abordada por Darwin, llegó a definir el conjunto de temas y enfoques de investigación que caracterizarían más adelante a la etología y a la psicología comparada. Para el caso de la etología, disciplina científica encargada del estudio de los patrones de comportamiento de las especies animales en su medio natural,¹⁸ encontramos hoy en día cuatro enfoques de investigación fundamentales, los cuales hallan antecedentes en las ideas del propio Darwin. En cuanto a la psicología comparada, cuyo interés se centra en el estudio de los procesos y estados mentales en animales no humanos, el impacto de las ideas del autor inglés fue igual de decisivo en la medida que ayudaron a delimitar los temas de interés así como las controversias que, desde su nacimiento en el siglo XIX, han sido centrales en este campo de investigación.

Comencemos pues con la etología. El zoólogo neerlandés Niko Tinbergen (1907-1988), considerado junto con Konrad Lorenz (1903-1989), como uno de los padres fundadores de la etología moderna resumió en cuatro preguntas los intereses principales del estudio del comportamiento animal:

(1) ¿Qué impulsa a los animales a actuar como lo hacen? Esta pregunta hace referencia a las causas inmediatas que dan inicio al comportamiento animal así como a los factores que permiten su coordinación y compleción. Para responder esta pregunta los etólogos han buscado definir los diferentes mecanismos, procesos y/o sistemas de control de la acción en animales no humanos. (Tinbergen, 1963).

(2) ¿El desarrollo del comportamiento en un individuo obedece a factores innatos o más bien es resultado del aprendizaje? En este caso, se busca indagar por los

¹⁸ Ya en 1859 el naturalista de origen francés Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire empleaba la palabra 'etología' en este sentido. Antes de esa fecha, la misma expresión había tenido otras acepciones, las cuales no guardaban relación alguna con el estudio del comportamiento animal.

factores que intervienen en el desarrollo de los mecanismos de control de la acción en los individuos de las diferentes especies animales, esto es, la ontogenia de su comportamiento. Estos factores podrían ser de dos tipos: ambientales, los cuales hacen referencia a influencias externas al propio animal, o innatos, que serían todas aquellas características fenotípicas y genotípicas de los organismos que no fueron adquiridas a través de su interacción directa con el entorno (*environment-induced*) sino que más bien fueron heredadas.

(3) ¿Qué función adaptativa cumplen los distintos patrones de comportamiento exhibidos por los miembros de una especie? Con esta pregunta se busca indagar por el valor adaptativo que tendrían los diversos patrones de conducta en el reino animal. En especial se busca determinar en qué medida las conductas en los animales se encuentran adaptadas a ciertas funciones que promueven la supervivencia, ya sea individual o grupal.

(4) ¿Cómo han evolucionado en la escala filogenética dichos patrones de comportamiento? La adopción de esta pregunta como guía de la investigación en etología ha permitido el acercamiento entre esta disciplina y los estudios evolutivos.

Cada una de estas preguntas, las cuales más que excluyentes son complementarias, encuentra antecedente en la discusión que Darwin planteó en torno a la HCM tal y como veremos a continuación.¹⁹ Por otra parte, intentaremos contrastar dicha discusión con el trabajo actual en etología.

Como quedó claro en la sección anterior, para Darwin el estudio de las facultades mentales en los animales no humanos reviste especial interés en la medida que nos permite identificar las diversas estrategias empleadas en el reino animal para resolver problemas complejos y adaptarse a entornos cambiantes. Quizás uno de los aspectos más valiosos y novedosos de esta postura es la adopción como punto de partida del reconocimiento de que los animales no humanos son algo más que autómatas con

¹⁹ De hecho para Tinbergen las cuatro preguntas en cuestión son transversales a todo el campo de los estudios biológicos, del cual la etología sería tan sólo una rama particular más. Siguiendo este mismo orden de ideas Tinbergen caracterizaría a la etología como: *the biological study of behaviour* (1963: 411).

respuestas fijas, las cuales son determinadas por mecanismos fisiológicos internos. Así, para Darwin el comportamiento animal exhibe la complejidad y flexibilidad propia de agentes inteligentes por lo que en su estudio se hace necesaria la incorporación de un conjunto de conceptos psicológicos intencionales como parte de las posibles explicaciones causales de la acción.²⁰ Este es precisamente el enfoque adoptado en la etología contemporánea donde pueden distinguirse, al menos, dos corrientes principales. Por una parte estarían aquellas “aproximaciones de tipo cognitivo basadas en heurísticas o reglas de decisión sencillas o en el procesamiento de la información” (De La O-Rodríguez *et al.*, 2012). De acuerdo con esta postura, se concibe a los animales humanos y no humanos como organismos que logran extraer información de su entorno, almacenarla en una unidad de memoria y, finalmente, generar inferencias sobre el mejor curso de acción, dadas las condiciones ambientales registradas (Hutchinson & Gigerenzer, 2005; Petri & Govern, 2004; Vauclair, 1995; Vauclair, 1997). Otra versión de este tipo de modelos propone la necesidad de apelar a distintos sistemas de ponderación computacional, tanto de variables internas como externas, para generar las respuestas adecuadas ante las demandas ambientales (Manning & Dawkins, 1998). Además de estas propuestas, centradas en el procesamiento de la información a un nivel computacional, ha surgido otra vertiente dentro de la etología que enfatiza el estudio de las experiencias subjetivas de los animales no humanos para comprender su comportamiento. Inspirados por el trabajo pionero del zoólogo estadounidense Donald Griffin (1976), los autores trabajando en esta corriente han buscado estudiar desde una perspectiva comparada las sensaciones, el pensamiento y las creencias con el fin de establecer la intervención de los estados conscientes en los procesos psicológicos que desencadenan la acción adaptativa. Tanto la primera postura, más computacional, como esta última, subjetivista en palabras que hubiera empleado Tinbergen para referirse a ella (1963: 413), asumen que es posible establecer en cierta medida la identidad de los rasgos psicológicos entre diferentes especies, aún cuando las mismas se encuentren muy alejadas filogenéticamente. Esto

²⁰ Esto no excluye, por supuesto, que el tipo de procesos psicológicos estudiados por los etólogos tenga un correlato neuronal. Sin embargo, se trataría de dos niveles de descripción diferentes.

permitiría una explicación unificada de la acción a lo largo de todo el reino animal.

Sin embargo, otro grupo de etólogos ha preferido ser más cauto en cuanto a la pretendida uniformidad explicativa de la conducta animal. Por ejemplo, el propio Tinbergen había advertido ya que una de las labores más importantes de la etología consistía en distinguir patrones de comportamiento que si bien tendrían funciones análogas en diferentes especies podrían ser el resultado de factores causales disímiles (*Ibid.*). Así, pues, aun cuando dos especies exhibieran patrones de conducta similares siempre sería necesario corroborar si los sistemas de control de la acción en ambas especies operarían bajo los mismos principios. Esta estrategia le ha permitido a los etólogos distinguir las diversas clases de aprendizaje que es posible encontrar a lo largo del reino animal entre las cuales cabría destacar: la habituación, el aprendizaje asociativo, la impronta, el aprendizaje por imitación, la transmisión social etc.; en cada uno de estos casos, la forma en que se da el aprendizaje variará sustancialmente. Para Tinbergen, establecer este tipo de distinciones entre comportamientos o procesos funcionalmente similares permitiría que la etología avanzara a un nivel de desarrollo y precisión similar al de la fisiología, donde: “no physiologist applying the term “eye” to a vertebrate lens eye as well as to a compound Arthropod eye is in danger of assuming that the mechanisms of the two are the same; he just knows that the word “eye” characterises achievement, an no more” (*Ibid.*: 414). Por consiguiente, la propuesta de Tinbergen para la etología, en lugar de defender la identidad de los rasgos psicológicos entre las especies animales lo que plantea es que comportamientos análogos podrían ser producidos por mecanismos, procesos y/o sistemas de control de la acción no siempre de naturaleza similar. Identificar esos mecanismos en cada especie animal sería una de las labores fundamentales de la etología y como tal hallaría precedente en el denodado esfuerzo de Darwin por describir las variadas estrategias y recursos cognitivos desplegados por los animales humanos y no humanos para resolver problemas complejos similares.

Ahora bien, una de las preocupaciones fundamentales de Darwin, manifestada abiertamente en la primera edición de *OE*, tenía que ver con el comportamiento

instintivo y la importancia de la selección natural para explicar los patrones cotidianos de conducta exhibidos por los organismos. El instinto, tal y como fue definido por Darwin, consiste en cualquier comportamiento complejo o simple que es realizado por todos los miembros de una especie sin que medie para su adquisición proceso alguno de aprendizaje. Ejemplos de esta clase de comportamientos serían la construcción del nido por parte de las aves o las reacciones de huida exhibidas por los primates ante la presencia de ciertos animales peligrosos. Este tipo de respuestas complejas pero de naturaleza instintiva llevó a Darwin a pensar que buena parte del comportamiento animal no humano era heredado. Sin embargo, el autor inglés no descartó que a la par de los instintos hubiese lugar para el aprendizaje tal y como lo atestiguaría el comportamiento de las lombrices, en el que si bien éstas exhiben poderosos hábitos innatos también habría lugar para la modulación del comportamiento a partir de la experiencia.

La discusión sobre los alcances del instinto en la explicación de la conducta animal fue retomada en la segunda mitad del siglo XX, lo cual creó un fuerte cisma entre los estudiosos del comportamiento animal, quienes solían adoptar posturas extremas al respecto. El propio Tinbergen describe muy elocuentemente esta situación:

As all we know, the systematic study of behaviour ontogeny has had a slow start, and for a long time was heavily weighted, but differently so in different groups of researchers. While animal psychologist explored the ways in which various types of learning might account for behaviour ontogeny, ethologist emphasised the unlearnt character of many aspects of animal behaviour. Ontogeny was, for a long time, and to a certain extent still is, a field in which there is a real clash of opinion (Ibid. 423).

Sin embargo, tras varias décadas de ríspida disputa se llegó a un consenso similar a la postura defendida por el propio Darwin, en la cual se reconoce la complejidad del

comportamiento animal afirmando que lo innato y lo aprendido contribuyen por igual al desarrollo de los organismos. En esta dirección, se reconoce que si bien habría unas cuantas estructuras cognitivas y comportamentales básicas heredadas, las mismas pueden ser modificadas a través de la interacción con el entorno lo cual aumenta su eficiencia. Para ilustrar este punto Tinbergen trae a colación el caso del condicionamiento: “the animal is already selectively responsive (in other words it has an “IRM”) before it has been conditioned; the conditioning changes a connection that was already present” (*Ibid.* 425). Otro ejemplo lo constituye el caso de aquellas aves que introducen modificaciones en su canto el cual fue heredado.

Pero sin importar el origen del comportamiento, para Darwin era obvio que éste posee valor adaptativo, en la medida que contribuye a la supervivencia y éxito reproductivo de las especies animales. El propio Darwin dio los primeros pasos en el estudio de la funcionalidad del comportamiento al observar y describir de manera minuciosa los hábitos de diferentes especies en su medio natural. Los resultados así obtenidos le permitieron aventurar diferentes hipótesis sobre las ventajas adaptativas obtenidas a través de dichas conductas. Esta novedosa metodología sería retomada décadas después por el propio Tinbergen quien añadiría la intervención experimental en el medio natural, la cual permite clarificar las relaciones entre diferentes variables experimentales. Con el nuevo método se pretendía eliminar explicaciones alternativas y demostrar las ventajas que tiene para el individuo la posesión de los rasgos conductuales estudiados (De la O-Rodríguez, 2012). Un ejemplo sencillo pero muy ilustrativo de esta clase de estudios lo constituyen los experimentos realizados por Cheney y Seyfarth (1990) con monos verdes (*Chlorocebus sabaeus*). Con estos experimentos se buscaba clarificar la función adaptativa que cumplirían algunas de las vocalizaciones hechas por los monos. Para ello primero grabaron las vocalizaciones emitidas por los monos ante tres tipos diferentes de depredadores: leopardos, águilas y serpientes. Los análisis de las grabaciones les permitieron a los investigadores determinar con precisión las diferencias acústicas entre los tres tipos de emisiones. Esto fue asumido como una prueba de que para cada depredador hay asociado un tipo

particular de vocalización, la cual contiene información sobre la naturaleza y los peligros que plantea el animal. Para confirmar su hipótesis reprodujeron en altavoces grabaciones de los tres tipos de vocalizaciones. Los investigadores encontraron que las respuestas conductuales de los monos eran precisamente las que cabría esperar ante una señal de alerta sobre cierta clase de depredador. Así, pues, los monos que escucharon las vocalizaciones asociadas a un leopardo, corrieron a refugiarse en la copa del árbol más cercano, mientras que aquellos individuos que fueron expuestos a las vocalizaciones emitidas ante águilas buscaron esconderse en los arbustos adyacentes. Por último, ante las vocalizaciones relacionadas con serpientes los monos se reclinaron sobre sus patas traseras y comenzaron a explorar con la mirada el terreno circundante. Estas intervenciones experimentales ponen en evidencia que ciertos tipos de vocalizaciones de los monos verdes desempeñan una función adaptativa específica, a saber: se trata de comportamientos que envían estímulos a otros individuos cuya respuesta es tal que promueve la supervivencia (Tinbergen, 1963). Por supuesto, este tipo de estudios experimentales no dejan de recordarnos los intentos de Darwin por estudiar el comportamiento de las lombrices en su medio natural.

El otro gran campo de investigación de la etología ha sido el estudio de la evolución del comportamiento. Inspirados directamente por Darwin, Lorenz (1973) y Tinbergen (1963) propusieron el estudio de las homologías conductuales entre los individuos de diferentes especies con el fin de rastrear sus líneas de parentesco y, de esa manera, establecer taxonomías más exactas. En este caso, las afinidades entre diferentes patrones de conducta se juzgaría por el criterio de preponderancia de características compartidas (Tinbergen, 1963), lo que a su vez se conseguiría a través de la comparación entre el comportamiento de especies cercanas evolutivamente. Además, las homologías identificadas serían usadas para inferir el comportamiento de formas ancestrales ya extintas. Ahora bien, Lorenz también llamó la atención sobre la necesidad de combinar los estudios evolutivos del comportamiento animal con el análisis de los diversos factores causales que explicarían la conducta animal. Para el autor vienés esta metodología tendría el siguiente beneficio: “to distinguish similarities

due to a common ancestor from those owing to parallel adaptation” (Lorenz, 1974: 230). Por adaptación paralela, Lorenz hacía referencia a los patrones de comportamientos que comparten gran parte de sus características pero que han surgido en especies cuyas trayectorias evolutivas son independientes entre sí.²¹ En contraposición, algunas especies compartirían patrones de comportamiento en virtud de su parentesco evolutivo i.e., descendencia de un mismo antepasado evolutivo. En el primer caso estaríamos ante lo que cabría llamar analogías mientras que en el segundo hablaríamos de homologías en el comportamiento. Para distinguir unas de otras habría que atender, según Lorenz, a las similitudes y diferencias entre los mecanismos que producen la acción. De esta manera, dos patrones de comportamiento serían homólogos siempre y cuando los mecanismos subyacentes fuesen similares. Sin tal similitud los comportamientos considerados tan sólo serían análogos. Posterior a Lorenz y desde un enfoque más dinámico, se desarrollaron modelos explicativos que no sólo buscaban describir el desarrollo filogenético de cierta conducta sino que además buscaban explicarlo relacionando la función evolutiva del comportamiento estudiado con las condiciones ambientales bajo las cuales se habrían generado el cambio comportamental. Este tipo de modelos hacen justicia al esquema explicativo propuesto por Darwin, en el cual el surgimiento de los rasgos fenotípicos debe poder explicarse en relación a su contribución en el éxito reproductivo de los individuos de la especie. En estos términos se explicó, por ejemplo, el comportamiento altruista, el cual era conceptualizado como una adaptación que contribuye a la conservación y propagación de los genes de una población (Hamilton, 1970). La idea detrás de estos modelos explicativos es mostrar cuál ha sido la contribución de la selección natural al estado actual de la especie en términos de sus patrones de conducta (Tinbergen, 1963).

Continuidad mental y psicología comparada

La historia de la psicología comparada ha estado marcada por la tensión entre dos corrientes de pensamiento completamente antagónicas. Lejos de ser monolíticas, cada

²¹ Es decir lo que actualmente denominamos convergencia evolutiva.

una de estas corrientes ha sufrido numerosas transformaciones gracias a un vasto historial de revisiones teóricas e innovaciones metodológicas. En el presente acápite discutiremos ambas posturas. Comenzaremos por el minimalismo sobre la mente animal, el cual postula que lejos de existir continuidad entre la mente de los animales humanos y no humanos más bien lo que habría es una profunda discontinuidad entre ellas, que se manifiesta en las diferencias cualitativas entre los mecanismos de control de la acción. Comenzaremos revisando el antecedente conceptual más importante e influyente del minimalismo, el cartesianismo.

En Descartes es posible encontrar algunos precedentes de los argumentos y objeciones que serán vertidos en lo sucesivo, pero especialmente durante el siglo XX, contra la atribución de facultades mentales a los animales no humanos. Específicamente, se suele achacar al francés una posición bastante extrema según la cual los animales no sólo estarían desprovistos de pensamiento y de racionalidad sino que, además, carecerían por completo de sensaciones, emociones o cualesquier otro tipo de estados conscientes. De esta manera los animales son asimilados a *autómatas naturales* cuyo comportamiento debería ser explicado por referencia a causas y fuerzas mecánicas exclusivamente. Así, pues, sin importar cuán complejos sean los patrones de conducta que exhibe cierto animal, éstos deberán conceptualizarse como el resultado observable de procesos físicos que acaecen al interior de su cuerpo, el cual se encuentra compuesto de numerosas partes y órganos que constituyen un complejo mecanismo similar a los mecanismos de relojería donde diversos engranajes y piezas han sido dispuestos de tal forma que logran trabajar sincronizadamente para producir el movimiento constante y uniforme de las manecillas. Por lo tanto, el cuerpo de los animales ha de ser considerado “comme une machine qui, ayant été faite des mains de Dieu, est incomparablement mieux ordonnée qu'aucune de celles... inventées par les hommes.” (Descartes, 1637: 164-165). En este sentido, la huida de la oveja al ver al lobo que se acerca es explicada como el resultado observable de un proceso mecánico que inicia cuando la luz reflejada por el entorno es captada por los ojos del herbívoro, lo cual desencadena una cascada de eventos físicos al interior de su cuerpo que tienen como resultado la producción de ciertos movimientos. Y todo ello sin que intervenga o aparezca siquiera estado de conciencia alguno (Williams, 1978).

Contra la idea de que los animales no humanos son autómatas complejos, desprovistos de cualquier tipo de vida mental, Charles Darwin propuso la hipótesis de la continuidad mental, ampliamente discutida en el capítulo precedente. De esta manera Darwin puede ser considerado como el padre fundador de la corriente inflacionista. Según esta postura, los animales compartirían con los seres humanos buena parte de sus rasgos psicológicos y facultades mentales. Las diferencias, si existiesen, serían de grado o, cuando fuesen importantes, tendrían que poder explicarse a través de numerosos pasos evolutivos intermedios. Además, dada la continuidad entre el comportamiento animal y el comportamiento humano ambos podrían ser estudiados y comparados empleando métodos similares. Así, pues, tanto las similitudes como las diferencias serían mejor reveladas a través de comparaciones cuidadosas (Dewsbury, 2010). Estas ideas, como veremos a continuación, constituyen las bases sobre las cuales se ha cimentado la psicología comparada desde su creación como disciplina científica en el siglo XIX. Y si bien numerosos autores han señalado que Darwin cometió un error de principio al suponer que las similitudes entre el hombre y los animales se extienden más allá del ámbito biológico, la mayoría de psicólogos comparativos reconocen que el gran aporte de Darwin consistió en proponer que era posible estudiar el comportamiento y la mente animal con métodos análogos a los empleados para estudiar el ser humano.

Uno de los pioneros del estudio de la mentalidad animal fue el naturalista escocés George John Romanes, heredero directo de Darwin en el estudio de los poderes mentales de los animales.²² Romanes al igual que Darwin basó algunas de sus conclusiones en observaciones directas o hechas por terceros sobre el comportamiento de animales domésticos. Pero Romanes fue más allá al afirmar que la mente se define por su carácter privado: “Sólo mi mente está disponible para mí, así como mis pensamientos y mis sentimientos” (Malone *et al*, 2011: 291). La privacidad de la mente, sin embargo, no impide que conozcamos los estados mentales de otros de manera

²² La colaboración entre Romanes y Darwin llegó a ser tan estrecha que juntos escribieron la que sería la obra más importante de Romanes, *Animal Intelligence* (1986). Dicha obra se basó en gran parte en las notas y archivos de Darwin sobre el comportamiento animal.

objetiva. Para ello nos basamos en lo que sabemos de manera directa sobre nuestros propios estados mentales y su relación con el comportamiento observable. Así, cuando juzgo que alguien tiene un fuerte dolor de muelas a partir de su comportamiento (el cual incluye gestos de dolor) lo que hago, sostiene Romanes, es realizar una inferencia objetiva en la cual asumo que los demás organismos, cuando sienten dolor de muelas, se comportan de manera semejante a como yo lo hago cuando me encuentro en el mismo estado mental. Un principio heurístico similar, aunque mucho más acotado en alcance, parecería ser adoptado por Darwin en *EEMA* cuando concluye que animales de todas las especies son capaces de experimentar las mismas emociones básicas. Romanes llegó a inferir intenciones conscientes en los animales al interpretar sus patrones de conducta. Asimismo reconoció el papel que tendrían los instintos en el comportamiento aunque aclaró que éstos no excluían la presencia de algo similar a procesos inferenciales o experiencias conscientes, tal y como sucede con aquellas reacciones emocionales ante ciertos depredadores, las cuales además de ser conscientes serían innatas. Como consecuencia del enfoque metodológico adoptado, Romanes afirmó que las diferencias cognitivas entre el hombre y los animales serían resultado de diferencias en el desarrollo de los diversos niveles de consciencia en los organismos. Por ejemplo, el desarrollo del lenguaje en los seres humanos es explicado por Romanes a partir de capacidades como la auto-conciencia y la reflexión, las cuales no estarían presente en el resto de especies. En este punto el autor escocés se desmarca de Darwin, su mentor y colaborador, al no considerar mecanismos cognitivos diferentes a los que se pudieran descubrir a través de la introspección. En este sentido, y como vimos en el capítulo anterior, las explicaciones propuestas por Darwin se asemejan más al tipo de hipótesis explicativas que las ciencias cognitivas proponen hoy en día.

Las consideraciones de Romanes y Darwin sobre la mente animal fueron duramente criticadas años después por el brillante naturalista Conwy Lloyd Morgan. Para este autor, Darwin se equivocaba al inferir características mentales en los animales no humanos a partir de su comportamiento. A los ojos de Morgan, Romanes no estaba

menos equivocado al basar sus conclusiones sobre la mente animal en métodos como la introspección y la analogía. En ambos casos el error de principio consistiría en asimilar, de manera acrítica, la mente animal a la mente humana. Como fórmula para remediar este *impasse*, Morgan propuso el siguiente principio:

“In no case may we interpret an action as the outcome of the exercise of a higher psychical faculty, if it can be interpreted as the exercise of one which stands lower on the psychological scale.” (Morgan, 1894: 48)

El anterior principio, conocido como Canon de Morgan, ha sido asociado con otra máxima, ésta sí mucho más general, conocida como navaja de Ockham (*novacula occami*). La navaja establece que “it is futile to do with more what can be done with fewer” (Ockham, 1986a: 157-158) y “plurality should not be posited without necessity” (Ockham, 1986b: 202). En cualquier de las dos formulaciones, Guillermo de Ockham buscaba expresar la idea de que las explicaciones o teorías más simples son mejores que las teorías más complejas (Sober, 2015). Pero a diferencia de la navaja de Ockham, el Canon de Morgan no postula que las explicaciones parsimoniosas deban preferirse siempre. Más bien, lo que propone es que siempre que haya dos explicaciones posibles del mismo fenómeno, una acción, deberá preferirse aquella explicación que no suponga el ejercicio de facultades mentales elevadas (*higher mental faculties*). Y como señala Walker (1983), aplicado al comportamiento humano este principio requiere que asumamos que las personas actúan movidas por los motivos más simples y menos demandantes intelectualmente. En lo que respecta a los animales no humanos, para Morgan –a diferencia de lo que pensaba Darwin– comportamientos similares en especies diferentes deberían explicarse a partir de las mismas causas.

¿Cuáles son las causas del comportamiento animal según Lloyd Morgan? Lo primero que cabe decir al respecto es que a lo largo de su obra Morgan mostró especial interés por la conciencia subjetiva de los animales no humanos, a la cual otorgó un

papel central en la explicación de la acción. En este punto su similitud con Romanes y Darwin resulta innegable. Sin embargo, Morgan también intentó definir una teoría que considerara cuidadosamente los límites y funciones de la conciencia (Walker, 1983). Como veremos a continuación, los alcances de dicha teoría fueron determinados por los constreñimientos metodológicos impuestos por el propio Canon. La idea central es la asunción de que si bien los instintos y hábitos son automáticos, esto es, no involucran algún tipo de experiencia subjetiva, la conciencia “enables an animal to guide its action in the light of previous experience” (Morgan, 1896: 131). Así, pues, “(...) the consciousness of what happened yesterday helps us avoid similar consequences today” (Morgan, 1986: 145). Como ejemplo de esto último, Morgan solía citar sus propias observaciones sobre el efecto de las experiencias previas en el comportamiento de aquellas aves más jóvenes, fácilmente impresionables. Un polluelo que atrapa por primera vez una oruga cinabrio (*Tyria jacobaeae*) encuentra su sabor tan desagradable que la siguiente vez que se cruce con otro ejemplar de la misma especie se retorcerá con tan sólo verlo. A partir de ejemplos como el anterior Morgan concluyó que el comportamiento de los animales no humanos sólo puede ser guiado por aquellas experiencias que fueron conscientes la primera vez (Morgan, 1894). Las sensaciones y experiencias serían igual de importantes en la formación de asociaciones entre eventos. Los polluelos de la gallineta común (*Gallinula chloropus*) que Morgan mantenía en su casa de campo pronto aprendieron a perseguirlo cada vez que éste llevaba consigo una pala, la cual era usada para remover la tierra del jardín y dejar al descubierto las lombrices que ahí vivían. Para Morgan tal tipo de aprendizaje era una prueba de que los polluelos en algún momento habían sido conscientes de la relación entre la pala y la comida, aunque posteriormente habrían desarrollado el hábito automático de salir corriendo cuando veían al hombre con la pala, “When they ran to the man with the spade it was thus because they remembered the worms” (Walker, 1983: 60). Si bien Morgan no esperaba que los polluelos recordaran siempre las lombrices cuando veían al hombre con la pala, sí suponía que al menos durante las primeras fases del aprendizaje dicho recuerdo desencadenaría la respuesta de las gallinetas. En

consecuencia, la dirección consciente de la acción a través de experiencias pasadas constituye una parte esencial en la formación de hábitos en los animales no humanos de acuerdo con la teoría defendida por Morgan. Y si bien la anterior explicación no es la más simple que se pueda dar sobre el comportamiento de las gallinetas, tal y como demostraría posteriormente el conductismo, para Morgan resultaba evidente que su teoría tenía el incuestionable mérito de excluir cualquier mención innecesaria a facultades mentales superiores. Pero como acabamos de ver, la aplicación del Canon de Morgan por sí sola no cierra la puerta a la discusión sobre la vida mental de los animales no humanos. En otras palabras, el Canon de Morgan no implica *per se* algún tipo de cartesianismo o conductismo aunque sí propugna por una versión más austera de las explicaciones sobre la conducta animal. Cabe señalar que la discusión en torno a los alcances del llamado principio de Morgan constituye hoy en día una de las grandes controversias en el campo de la psicología comparada.

El conductismo es un desarrollo teórico posterior, cuyo precursor fue el psicólogo estadounidense Edward Lee Thorndike. En un sentido limitado el conductismo puede ser visto como la versión más radical de la corriente minimalista dentro de la psicología comparada y la más cercana desde un punto de vista conceptual al cartesianismo. Y si bien Thorndike es conocido popularmente como uno de los primeros defensores del conexionismo en psicología (1913), algunas de sus ideas llegaron a constituir años más tarde el núcleo conceptual y metodológico del conductismo. Quizás el aporte más significativo del autor a la naciente ciencia de la psicología animal fuese la introducción de experimentos de laboratorio como método para estudiar, de manera controlada, la conducta individual. Para ello empleó dispositivos de diversa índole, los cuales planteaban problemas que los animales debían resolver. Esto significó, entre otras cosas, el abandono definitivo de los reportes anecdóticos y los métodos observacionales empleados hasta ese momento por Darwin, Romanes y Morgan. La técnica experimental favorita de Thorndike consistía en el uso de un dispositivo en forma de caja con el tamaño apenas suficiente para albergar un perro pequeño o un gato. Los animales, que eran puestos dentro de la caja, debía encontrar la manera de

salir de ella accionando en el orden correcto un sistema de poleas, cuerdas y cerrojos. Dicho sistema estaba dispuesto de tal forma que presionar cierto botón o jalar una de las cuerdas permitía que la puerta de la caja se abriera y el animal fuera liberado.²³ El objetivo principal de los experimentos era identificar las estrategias empleadas por los animales para abrir la puerta así como sus ritmos de aprendizaje. Thorndike (1898) encontró que, por ejemplo, en el caso del gato número 12 salir de la caja le tomaba 160 segundos la primera vez. Antes de jalar de la cuerda que abría la puerta, el gato arañaba en repetidas ocasiones la puerta del dispositivo e intentaba desesperadamente introducir sus garras a través de las rendijas de la caja. A pesar del lento y accidentado comienzo, el propio Thorndike esperaba, siguiendo a Morgan, que el descubrimiento del vínculo causal entre jalar de la cuerda y abrir la puerta fuese suficiente para crear una impresión duradera en el gato, de tal forma que la próxima vez que el animal estuviera dentro de la caja pudiera encontrar rápidamente la forma de salir al recordar que era lo que había hecho antes. Sin embargo, no sucedió tal cosa. Como lo comprobó el propio autor, el gato si bien tardó 30 segundos en el segundo intento, en el tercero y cuarto intentos se demoró 90 y 60 segundos respectivamente. Posteriormente, su desempeño mejoró considerablemente hasta conseguir abrir la puerta en tan sólo 7 segundos. Sin embargo, para llegar a ese punto fueron necesarias 19 sesiones adicionales, lo cual pone en evidencia lo lento y gradual que fue el ritmo de aprendizaje del gato.

A partir de los anteriores resultados, Thorndike (1898) concluyó que, en realidad, el gato nunca había entendido lo que estaba sucediendo. En cambio el autor reconoció una mejoría gradual en la eficiencia de su respuesta de escape. Para explicar el cambio en la conducta del gato a lo largo del experimento, Thorndike consideró varias teorías alternativas a la luz de los datos recolectados. En primer lugar, descartó que el gato hubiera aprendido algo sobre la relación causal entre jalar de la cuerda y salir de la caja pues de haberlo hecho el animal no habría tenido ningún problema en escapar de la caja después de la primera sesión. Por tanto, no parece que el gato fuese capaz de pensar sobre las consecuencias futuras de su acción. Pero entonces, ¿cómo aprendió

²³ Significativamente, el propio Thorndike señaló que la solución al problema no era obvia ni siquiera para un observador humano (Walker, 1983).

el gato a salir rápidamente? La respuesta de Thorndike es que en el transcurso del experimento se fortalecía el vínculo mental entre la respuesta de jalar de la cuerda y el estímulo de estar dentro de la caja. Tras numerosas sesiones este vínculo se habría hecho tan estrecho que bastaba con poner al gato en la caja para que éste reaccionara automáticamente jalando de la cuerda. Según Thorndike (1898) la manera en que este vínculo se habría fortalecido era a través de un proceso en el cual el placer y alivio que el gato sentía cuando abría la puerta actuaban como reforzadores del vínculo entre la respuesta y el estímulo. Así, pues, bajo la perspectiva defendida por Thorndike las experiencias conscientes del gato, sus emociones en este caso, servirían para mediar entre el estímulo inmediato y una respuesta motriz específica. De acuerdo con Thorndike, un proceso del mismo tipo explicaría cualquier otro tipo de aprendizaje en los animales no humanos. Bajo esta perspectiva la vida mental de los animales, compuesta sólo de emociones y sensaciones, siempre estaría vinculada causalmente a las respuestas automáticas que surgen ante estímulos sensoriales provenientes del ambiente. El autor señala que ésta es, precisamente, la principal diferencia con los humanos en tanto que nosotros somos capaces de disociar nuestros pensamientos, ideas, emociones y sensaciones de la acción inmediata.

Si bien Thorndike sentó las bases del conductismo, fue el fisiólogo Ivan Pavlov quien terminaría de levantar sus cimientos. Pavlov estaba interesado en la fisiología de la digestión, particularmente en el papel que jugaban ciertas glándulas en el funcionamiento del estómago. A finales del siglo XIX y principios del XX se pensaba que las secreciones de los jugos pancreáticos y gástricos era resultado de procesos de estimulación locales, en los cuales jugaba un papel destacado un conjunto de hormonas internas, que cuando entraban en contacto con la comida desencadenaban el proceso de la digestión. Contra este consenso, Pavlov (1927) propuso que más bien la secreción de los jugos gástricos estaba bajo control del cerebro, lo cual permitiría que factores psicológicos también tuvieran efecto en la actividad del estómago. Para probar su punto, Pavlov llevó a cabo una serie de experimentos con perros, los cuales le valdrían el Premio Nobel de medicina en 1904. Usando una técnica desarrollada

algunos años antes, Pavlov realizó varias operaciones quirúrgicas que consistían en implantar de manera permanente un tubo metálico en el estómago de los perros de su laboratorio. A través del tubo, los jugos gástricos secretados podían ser recolectados antes de que fueran contaminados por la comida ingerida. Además, Pavlov cortó el esófago de los perros de tal forma que logró separar la boca del estómago. Las dos puntas resultantes fueron expuestas a través de orificios abiertos en las gargantas de los animales, lo cual permitía que, por una parte, la comida ingerida saliera de nuevo al exterior antes de alcanzar el estómago y, por otra, que la comida pudiera ser introducida sin que los animales lo notaran a través de una de las fístulas. Pavlov descubrió que los jugos gástricos eran secretados aun cuando la comida ingerida jamás alcanzaba el estómago. En contraposición, cuando la comida era introducida en el estómago a través de una de las fístulas no hubo registro de algún tipo de actividad gástrica. La relación entre la digestión y los factores psicológicos que la desencadenan sería tan estrecha que –como Pavlov constató en el transcurso de sus experimentos– la sola vista de la comida desencadenaba en los perros la secreción de jugos gástricos. De esta manera, Pavlov concluyó que la experiencia previa de los animales puede determinar las reacciones de sus órganos internos ante estímulos externos.

En otra serie de experimentos, también con perros, el autor soviético buscó establecer la relación entre la secreción de saliva y un conjunto de estímulos externos. En este caso Pavlov externalizó quirúrgicamente las glándulas salivarias de varios perros de tal forma que la saliva que éstos producían ahora podía ser recolectada por los experimentadores a través de las fístulas. Para conseguir que los perros estuvieran hambrientos durante los experimentos se les privó de comida por períodos prolongados de tiempo. Los perros escuchaban un timbre y tras 10 segundos un trozo de carne era entregado de manera automática en un dispensador al cual los animales tenían acceso. Tras varias sesiones del mismo procedimiento los experimentadores dejaron de entregar la carne y midieron la cantidad de saliva secretada tras escuchar el tono. La externalización de las glándulas salivarias permitió que se llevara un registro preciso de la cantidad de saliva producida antes, durante y después de la presentación del timbre.

Los experimentadores encontraron que escuchar el tono producía el mismo efecto que la presentación de la carne, esto es, grandes cantidades de saliva eran secretadas, el perro lamía sus labios y prestaba especial atención al dispensador. Pavlov llamó a esta reacción reflejo condicionado. Consecuentemente, llamó al tono estímulo condicionado mientras que la presentación de la carne fue llamada estímulo no condicionado, el cual genera un reflejo no condicionado en el animal, esto es, una respuesta que según Pavlov es natural e invariante. La idea detrás de esta terminología es enfatizar que en el cerebro de los animales operan mecanismos de excitación e inhibición responsables de la conducta y la acción.

A pesar de que posteriormente la noción de condicionamiento se convirtió en un término para designar aquellos procesos de aprendizaje en los que un animal asocia, irreflexivamente, un estímulo artificial a cierta respuesta motriz (estímulo condicionado y reflejo condicionado, respectivamente), el propio Pavlov parecía tener una interpretación muy diferente de dicha noción así como de los resultados experimentales a los que había llegado. Como lo dejó claro en el discurso de aceptación del Nobel en 1904, su intención principal al estudiar los reflejos condicionados era ofrecer una explicación científica de la actividad de la corteza en los hemisferios cerebrales de los mamíferos. Con ello, el autor ruso esperaba conseguir “a fusion of the psychological with the physiological, of the subjective with the objective” (Pavlov, 1955: 455). Esta fusión se alcanzaría a través del método de condicionamiento, el cual permitiría explicar la vida subjetiva de los animales no humanos así como la vida mental de los humanos en términos de las actividades cerebrales de análisis y síntesis, las cuales serían realizadas en la corteza cerebral. Asimismo, estas actividades serían fundamentales a la hora de percibir y clasificar el mundo (Walker, 1983). Al respecto, la principal característica funcional del cerebro de los mamíferos es que estaría compuesto de múltiples analizadores. “An analyser is a complex nervous mechanism which begins with an external receiving apparatus and ends in the brain” (Pavlov, 1955: 254). Cada analizador actuaría como una unidad funcional capaz de responder a distinciones sutiles en el mundo externo. Los analizadores también responderían selectivamente a

combinaciones de estímulos individuales o a miembros de conjuntos de estímulos. Estas capacidades fueron puestas a prueba a través del método de condicionamiento. Por ejemplo, en su laboratorio Pavlov entrenó a un grupo de perros para que generaran una respuesta condicionada al escuchar un metrónomo a un ritmo de seis golpes por minuto. Empero, los mismos perros también salivaron al escuchar el metrónomo a otras velocidades más o menos similares. Los animales comenzaron a discriminar más y mejor cuando sólo uno de los ritmos ensayados era reforzado positivamente. Según la teoría propuesta por Pavlov, a nivel cognitivo o mental lo que sucedería en casos como el anterior es que al principio del experimento los perros hicieron generalizaciones entre estímulos basándose en las similitudes perceptibles entre los diferentes ritmos ensayados. En la segunda etapa del experimento, los animales fueron capaces de hacer discriminaciones más finas y precisas, lo cual llevó a los perros a salivar únicamente ante estímulos muy específicos. A nivel neuronal, en la primera fase los estímulos se dispersaron a través de la corteza cerebral mientras que en la segunda fase los estímulos se habrían concentrado en puntos específicos, lo cual permitió la discriminación más fina entre los ritmos. Como vemos habría una estrecha correlación entre los niveles psicológico y cerebral de acuerdo con la propuesta Pavloviana.

La corriente minimalista encontraría en el trabajo del psicólogo estadounidense Burrhus F. Skinner su formulación más radical y definitiva. Y si bien el término 'conductismo' ya había sido empleado años antes, fueron las ideas de Skinner las que popularizaron dicha noción ampliando su alcance a disciplinas como la pedagogía (véase: Parkay & Hass, 2000) y la filosofía (véase: Quine, 1960; Ryle, 1949). Aún más importante fue el hecho de que con Skinner el conductismo encontró unidad metodológica y conceptual. En este sentido, su logro más significativo consistió en tratar las cuestiones relativas a los mecanismos, procesos y/o sistemas de control de la acción en animales no humanos como preguntas carentes de toda relevancia epistemológica. Así, pues, de la mano de Skinner el conductismo se caracterizó por negar la necesidad de apelar a eventos en el interior de los animales como explicación de su comportamiento (Walker, 1983). Skinner propuso, en cambio, que todo

movimiento corporal es en realidad un acto-reflejo, equiparable en todos los sentidos a los movimientos de la garganta cuando deglutimos (Skinner, 1938). Bajo esta perspectiva, más que causas psicológicas o incluso neuronales las acciones de los animales tendrían que explicarse a partir de causas enteramente fisiológicas. En este sentido, Skinner arguyó que acompañar de comida las respuestas conductuales asociadas a cierto estímulo artificial (estímulo condicionado) incrementaba su fuerza, entendida ésta como una medida de la frecuencia con que la reacción se da cuando se presenta estímulos del mismo tipo (Graham, 2016). Persistir en el condicionamiento de un animal trae como consecuencia que sus respuestas se conviertan en actos-reflejos, esto es, reacciones estereotipadas. El anterior esquema fue extendido para dar cuenta de las acciones de los animales no humanos tanto en condiciones de laboratorio como en su medio natural. Por ejemplo, el comportamiento de una rata que acciona una palanca en una cámara de condicionamiento es descrito por Skinner como el resultado de un proceso de aprendizaje en el que una respuesta que no es usual en el animal (poner sus patas delanteras sobre una barra de metal y presionar hacia abajo) es reforzada por una recompensa, hasta el punto de convertirla en un reacción invariante ante el estímulo condicionado inicial. Otra reacción que se habría reforzado durante el mismo experimento sería el comportamiento de búsqueda que exhibe el animal luego de oprimir la palanca (estímulo condicionado). Ambos actos-reflejos se articulan para dar lugar a un patrón de comportamiento en apariencia complejo. De manera similar, los movimientos de un gato al perseguir un ratón serían actos reflejos heredados que surgen como respuesta a estímulos incondicionados (la vista del roedor, su velocidad, etc.), los cuales serían equiparables a la reacción que muestra un perro cuando ve un trozo de carne. En ambos casos, aclara Skinner “we should not assume that there is anything in the cat’s brain which corresponds to trying to catch the mouse, or even that the cat likes the chase” (Skinner, 1977: 119).

En lo que respecta a la metodología del conductismo, Skinner también introdujo importantes avances. El más importante de ellos lo constituye el logro que significó diseñar un método automatizado para generar y registrar comportamientos repetitivos

en animales, especialmente en roedores (Walker, 1983). Dicho método ha estado basado desde tiempos de Skinner en el uso de un aparato conocido como caja de Skinner o cámara de condicionamiento operante. Una cámara de condicionamiento es en realidad una versión modificada del aparato diseñado por Thorndike. El diseño original de la caja de Skinner incluía una palanca que podía ser oprimida por las ratas así como un dispensador en el cual una recompensa era entregada. Cuando el animal oprimía el botón un trozo de comida era entregado automáticamente en el dispensador. Si bien tal procedimiento no requiere un gran número de sofisticaciones técnicas sí introduce algunos avances desde el punto de vista metodológico. El primero de ellos es que el procedimiento (oprimir el botón, entregar la comida, etc.) puede ser repetido cuantas veces el experimentador o el animal mismo lo deseen. Esto es posible gracias a que la caja de Skinner crea un contexto artificial de experimentación, el cual está aislado de factores ambientales que podrían interrumpir el procedimiento. Además, garantiza que los resultados obtenidos puedan ser replicados fácilmente por terceros. El experimentador ya no deberá reemplazar al animal en la cámara de condicionamiento, como sí sucedía en el caso de caja de Thorndike, y si las respuestas del animal puede ser grabadas en algún medio físico llevar un registro más detallado y preciso de ellas se hace más fácil. La caja también permite que se le agreguen elementos adicionales como luces, parlantes, motores etc. Gracias a las anteriores características, la cámara de condicionamiento se convirtió en un elemento esencial en los estudios sobre aprendizaje en animales no humanos.

Ahora bien, quizás el aspecto más intrigante y enigmático de la propuesta skinnereana sea hasta qué punto el comportamiento de animales como ratas, palomas o cualquier otro animal de laboratorio puede ser condicionado a través de la provisión planificada de recompensas (Walker, 1983). Al respecto, Skinner (1938) consiguió entrenar un grupo de ratas para que jalara de una cuerda que a su vez permitía liberar una canica. Sin embargo, para conseguir la recompensa los animales debían arrastrar la canica y depositarla en un tubo pequeño que se proyectaba dos centímetros por encima del nivel del suelo de la caja. Para conseguir que las ratas hicieran en la

segunda fase lo que se esperaba de ellas, Skinner las entrenó paso a paso. En primer lugar, recompensaba a las ratas por arrastrar la canica hasta el tubo, lo cual tuvo el efecto de reforzar este comportamiento y convertirlo en parte de la rutina de las ratas. Empleando el mismo procedimiento, las ratas aprendieron a levantar la canica y a depositarla al interior del tubo.

Motivado por los anteriores resultados, Skinner intentó ofrecer una teoría más completa sobre la relación entre aprendizaje y condicionamiento. En primer lugar, el autor estadounidense se percató de que era posible que las ratas aprendieran nuevos patrones de comportamiento a partir de cambios en la periodicidad con que era entregada la recompensa. Por ejemplo, cuando la recompensa no era entregada después de cada respuesta sino de acuerdo a un cronograma fijo de reforzamiento (*schedule of reinforcement*), las ratas se acoplaban rápidamente a la regla establecida. Así, según lo reportado en Ferster y Skinner (1957), un grupo de ratas aprendió rápidamente que para obtener la comida debían presionar la palanca nueve veces antes de que la comida estuviese disponible. Significativamente, los autores reportaron que las ratas no buscaban la comida en el receptáculo sino hasta después de oprimir la palanca por décima ocasión. Aún más interesante son aquellos procedimientos donde las recompensas sólo están disponibles para los sujetos después de un determinado intervalo entre ellas (*time-based schedule of reinforcement*). Si, por ejemplo, el intervalo es de un minuto el animal no obtendrá la comida durante dicho período de tiempo por más que oprima la palanca. En este caso los experimentadores encontraron que las ratas también se ajustaban a la regla establecida al buscar la comida un poco antes del minuto, aunque reconocieron la existencia de fluctuaciones en el comportamiento de los animales. Estas fluctuaciones se manifestaron, la mayoría de las veces, como intentos fallidos de las ratas por obtener la comida oprimiendo la palanca antes del minuto. Estos resultados fueron explicados por Skinner y colaboradores “in terms of response-strengths mechanically stamped in by food rewards, is to say, that there is a ‘biological clock’ which provides an internal stimulus corresponding to the passage of time, and that responses made at about the right time are thus strongly conditioned while

responses made too early become relatively weak.” (Roberts & Church, 1978). Finalmente, consideraremos la técnica conocida como cronograma variable de condicionamiento (*variable-interval schedule*), la cual consiste en introducir variaciones azarosas en los intervalos entre recompensas. Así, en el transcurso de una misma sesión de entrenamiento habría ocasiones en las que una recompensa es obtenida inmediatamente después de que otra ha sido recuperada y ocasiones en las que los animales tendrían que esperar largos períodos de tiempo antes de que una de sus respuestas sea exitosa. Empleando esta técnica, Skinner fue capaz de inculcar en las ratas un patrón de respuestas constante y persistente que consistía en no dejar de oprimir la palanca hasta que se consiguiera la recompensa, incluso si ello tenía que hacerse por largos períodos de tiempo. La exposición prolongada a este procedimiento también tenía el efecto de que si el experimentador dejaba de reforzar las respuestas las ratas continuaban oprimiendo la palanca por períodos extremadamente prolongados de tiempo. La explicación ofrecida por Skinner para este inusual comportamiento “is that the strenght of the response is contioned equally to all values of the internal sense of time passed since the last experience of food” (Walker, 1983: 93).

A pesar de que el conductismo se arraigó fuertemente en las escuelas e institutos de psicología a lo largo del continente americano (Dewsbury, 2003), desde sus inicios existió la tentación de volver a considerar las cuestiones relativas a la mente animal planteadas en su momento por Charles Darwin. Un autor que contribuyó de manera decisiva a mantener viva la llama de los estudios evolutivos en psicología fue Edward C. Tolman (Dewsbury, 2003). En particular, Tolman (1948, 1959) asumía que animales como las ratas poseen conocimiento sobre su propia posición espacial y sobre lo que es probable que suceda en el futuro inmediato al ejecutar cierta acción. Para Tolman el comportamiento animal no era susceptible de reducirse a respuestas automáticas, sino que más bien estaría basado en lo que los animales saben sobre las consecuencias de sus propias acciones (Walker, 1983). Este conocimiento, que no sería ni declarativo ni conceptual, se manifestaría a través de expectativas (llamadas por Tolman *Sing-Gestalt expectations*), las cuales toman la forma de asociaciones entre las acciones del animal

y sus consecuencias inmediatas (Tolman, 1925). Además, dichas expectativas habrían sido adquiridas a lo largo del vasto historial de interacciones del animal con su entorno inmediato incluyendo por supuesto las interacciones y manipulaciones que se dan en el transcurso de los procedimientos de condicionamiento operante (Tolman, 1933). Por tanto, el marco conceptual propuesto por Tolman permitiría explicar los resultados obtenidos por Skinner atribuyendo a las ratas alguna clase de actividad mental. Por ejemplo, una rata que descubre que la manipulación de una palanca es seguida de una recompensa se creará la expectativa de que oprimir la palanca producirá la comida y, en consecuencia, cada vez que sienta hambre actuará conforme a dicha hipótesis (Tolman, 1925). En el caso de aquellas ratas que han sido entrenadas de acuerdo a un cronograma fijo de condicionamiento (una respuesta es reforzada únicamente después de un número específico de respuestas no reforzadas), una explicación alternativa de su comportamiento es que los animales pronto se habrían dado cuenta de la necesidad de generar cierta cantidad de respuesta para producir la recompensa, lo cual las indujo a reaccionar con notable velocidad para alcanzar la cantidad de respuestas deseadas en el menor tiempo posible. De manera análoga, las ratas que debían esperar un minuto para que su respuesta generara la recompensa (*time-based schedules of reinforcement*) habrían aprendido a inhibir su reacción antes de volver a intentarlo. La espera era interrumpida por la sensación de que era hora de intentarlo de nuevo.²⁴ Finalmente, en lo que respecta a las ratas entrenadas en la técnica de condicionamiento de cronograma variable, una explicación diferente de su comportamiento es que los animales operan la palanca movidos por la expectativa de que la recompensa será entregada después de cierta cantidad de respuestas. Es importante enfatizar que tanto las explicaciones de corte conductista como aquellas ofrecidas por Tolman parecen ajustarse bastante bien a la evidencia disponible sobre el condicionamiento en ratas.

Igual de importante para el control de la acción sería la capacidad para representar la

²⁴ Curiosamente, esta explicación poco ortodoxa fue propuesta por el propio Skinner. Con ella, el autor esperaba dar cuenta de las variaciones, ya descritas, en el comportamiento de las ratas durante las sesiones de condicionamiento.

distribución de los objetos en el espacio incluyendo, por supuesto, el propio cuerpo del animal. Tolman (1933) llamó a esta clase de representaciones geográficas mapas cognitivos, los cuales serían usados tanto por animales humanos como no humanos para guiar sus movimientos de un lugar a otro. Precisamente, el caso de la cognición espacial marca uno de los límites más notables de la teoría conductista. Es dudoso, por ejemplo, que un mamífero haya aprendido por condicionamiento todos los caminos posibles entre su madriguera y un pozo de agua, los cuales es capaz de reconocer y recorrer sin problemas (Walker, 1983). En contraposición, la teoría propuesta por Tolman permitió ofrecer explicaciones simples de las increíbles capacidades de los animales no humanos para navegar en el espacio. En un experimento ya clásico, Tolman y colaboradores (1946) usaron un laberinto para poner a prueba las capacidades de un grupo de ratas para orientarse en el espacio. El laberinto en cuestión era bastante simple pues tenía forma de cruz, con cuatro puntas equidistantes desde el centro. Por conveniencia, las puntas recibieron los nombres de Norte, Sur, Este y Oeste respectivamente. Las ratas tenían como puntos de partida las puntas Norte y Sur, lo cual variaba entre sesiones. Un grupo de sujetos siempre tenía que desplazarse a la punta Este para conseguir la comida, por lo cual tenían que doblar a la izquierda o a la derecha dependiendo de la punta en la cual iniciaran su recorrido. Mientras tanto, la comida de las ratas del segundo grupo era cambiada de lado a lado de tal forma que para obtenerla los roedores tenía que doblar a la izquierda todas las veces, ya sea que empezaran su recorrido en la punta Norte o en la punta Sur. Contrario a lo que se podría pensar desde una perspectiva conductista, las ratas que siempre tenía que doblar a la izquierda se mostraron desorientadas y tuvieron serios problemas para encontrar la comida. Por el contrario, las ratas que tenían que ir al mismo lugar siempre, la punta Este, no tuvieron ningún problema encontrando la comida. Lo que mostraría este experimento, según Tolman, es que para las ratas resulta mucho fácil aprender en qué lugar del laberinto se encuentra la comida, aún si ello implica que para encontrar la comida deban hacer cosas diferentes (doblar a la izquierda o a la derecha). De esta manera, los resultados encontrados por Tolman y

colaboradores muestran que las ratas tienen un sentido de la orientación espacial bastante desarrollado, al cual el paradigma conductista no parece hacer suficiente justicia.

Capítulo III

Aprendizaje causal y uso de herramientas en animales no humanos.

La historia de la psicología comparada y la etología, descrita en el capítulo anterior, deja entrever que pese a su origen en el seno del pensamiento darwiniano dichas disciplinas han experimentado períodos de especial resistencia a la hipótesis de la continuidad mental.

Este rechazo, sin embargo, ha disminuido notablemente en las últimas décadas siendo cada vez más notorio el aumento de artículos científicos y obras de divulgación centrados en el estudio de los atributos cognitivos de los animales no humanos. Este cambio de actitud ha sido impulsado, en parte, por los numerosos hallazgos que dan cuenta de la increíble flexibilidad y complejidad del comportamiento animal. En el presente capítulo examinaremos tales hallazgos enfocándonos en el caso del uso de herramientas y, en general, en aquellas habilidades conductuales relacionadas con aspectos de la cognición causal. Dichas habilidades han sido descritas en la literatura científica a lo largo de los últimos 25 años. Las especies estudiadas incluyen grandes simios, monos, delfines y ballenas, córvidos, roedores, etc.

Analizaremos tres temas:

- (1) Aprendizaje causal.
- (2) Ausencia de evidencia vs. Evidencia de ausencia.
- (3) Uso de herramientas.

Aprendizaje causal

En los actuales debates científicos relacionados con el tema de la continuidad mental, la cognición causal reviste especial interés dada su relevancia en nuestra arquitectura mental. La cognición causal constituye la base de funciones cognitivas tales como la categorización (Lien & Cheng, 2000), planificación de la acción (Pearl, 2000), la toma de decisiones (Hagmayer & Sloman, 2009; Sloman & Hagmayer, 2006), la resolución de problemas, la formación de juicios morales (Hauser, 2006; Waldmann & Dieterich, 2007), entre otras. Sin ella sería imposible comprender la construcción y uso de herramientas que nos permiten modificar los entornos más variados y adaptarnos más fácilmente a condiciones ambientales adversas. En este sentido, la cognición causal parece ser el Rubicón que debería cruzarse si se quiere comprobar la existencia de continuidad entre la mente animal y la humana.

Es importante resaltar que si bien existe gran desacuerdo entre los especialistas sobre cuál es la mejor manera de explicar las habilidades relacionadas con la cognición causal, es claro hoy en día que los animales no-humanos explotan para su propio beneficio numerosas relaciones causa-efecto. Como prueba de ello suelen citarse, por una parte, el uso de herramientas, bastante extendido en el reino animal, así como las numerosas observaciones, hechas en el laboratorio y en estudios de campo, referentes a las capacidades de los animales para reconocer y aprender sobre regularidades causales, tanto naturales como “artificiales”. Comenzaremos discutiendo el segundo tipo de evidencia.

Una manera sencilla y útil de conceptualizar el aprendizaje causal es en términos de un *continuum* con diferentes gradientes de complejidad. En la parte inicial de dicho *continuum* encontramos el aprendizaje asociativo (*associative learning*), el cual hemos discutido en el capítulo anterior. Si bien durante mucho tiempo se pensó que el condicionamiento, ya fuese de tipo clásico o instrumental, daba lugar a la formación de asociaciones estímulo-respuesta, desprovistas de todo contenido representacional,

algunos de los hallazgos recientes que aquí analizamos sugieren una historia diferente según la cual el aprendizaje resultante involucraría diversas habilidades que irían desde la reevaluación retrospectiva, pasando por la capacidad para estimar la fuerza causal de un evento, hasta llegar a la representación de estructuras causales complejas. Como veremos, los casos estudiados sugieren que el aprendizaje asociativo en animales no humanos da lugar a respuestas conductuales que reflejarían su conocimiento sobre diversos tipos de relaciones causales (Wasserman & Castro, 2005).

Por reevaluación retrospectiva (*retrospective revaluation*) se entiende, en líneas generales, cualquier cambio en la fuerza asociativa existente entre un estímulo condicionado y otro estímulo incondicionado, aun cuando el primero no haya sido presentado en las sesiones de entrenamiento relevantes (Penn & Povinelli, 2007). Un ejemplo paradigmático de este tipo de efecto en ratas es el siguiente: en un diseño experimental de dos etapas, primero, los estímulos A y B (por ejemplo, un estímulo luminoso y un tono de baja frecuencia) son establecidos, a través de un proceso de condicionamiento, como predictores fiables de un estímulo incondicionado (comida en un receptáculo) (AB+); en la segunda fase, sólo el estímulo B (en conjunción con el estímulo incondicionado) será presentado a las ratas durante las sesiones de entrenamiento relevantes. Al percibir el estímulo A durante la fase posterior de prueba, en la cual no hay reforzamiento, las ratas suelen responder mucho menos de lo que responden al estímulo B o, incluso, a otros estímulos de control. Las teorías asociacionistas tradicionales tienen problemas para explicar este efecto pues predicen, como vimos en el capítulo anterior, que sólo aquellos estímulos que son presentados durante las sesiones relevantes de entrenamiento pueden sufrir cambios en su potencial para provocar las respuestas asociadas al estímulo incondicionado. Como el estímulo A en nuestro ejemplo nunca fue sometido a un proceso de extinción durante las fases de entrenamiento, i.e. la luz nunca fue presentada en ausencia de la comida, resulta difícil de explicar, al menos desde un punto de vista asociacionista, que dicho

estímulo no produzca el mismo nivel de respuesta que su estímulo asociado B, pues ambos fueron reforzados durante la primera etapa del entrenamiento. En este caso, el aprendizaje de que la comida es contingente a la ocurrencia del tono parece provocar un bloqueo en la capacidad de las ratas para aprender que ese mismo estímulo incondicionado también es contingente a la ocurrencia de la luz (Penn & Povinelli, 2007). Este efecto de bloqueo, conocido en inglés como *backward blocking*, sugiere que los animales no humanos, cuando aprenden sobre correlaciones, son sensibles a la ausencia de eventos o estímulos, y no sólo a su presencia, tal y como supone la teoría asociacionista clásica.²⁵

Como lo corroboran numerosos estudios, los seres humanos mostramos el mismo tipo de sensibilidad a estímulos ausentes cuando emitimos juicios sobre relaciones contingentes. Por ejemplo, en un estudio experimental que buscaba ahondar en cómo las personas juzgan, en un escenario hipotético, el potencial predictivo de un conjunto de síntomas con respecto a cierta enfermedad, Chapman (1991) encontró el mismo tipo de reevaluación retrospectiva que hemos descrito en el párrafo anterior. En la fase inicial del experimento se presentó el síntoma V asociado a cierto paciente. Luego se indicó que el paciente no poseía la enfermedad imaginaria "*morolis*". Posteriormente, el síntoma E fue presentado seguido de un diagnóstico positivo de la enfermedad antes mencionada. En la segunda fase del experimento, el síntoma P fue asociado al síntoma B, mientras que los síntomas N y C, a su vez, fueron presentados conjuntamente. Tras la presentación tanto del compuesto PB como del NC se indicó que el paciente poseía la misma enfermedad de la primera fase. Por último, se mostró de nuevo a P, seguido

²⁵ Las teorías asociacionistas o conductistas sólo consideran los efectos que tiene en el aprendizaje la no ocurrencia de los reforzadores esperados. Sin embargo, esta limitación no parece deberse a la falta de evidencia pues, como señalan Wasserman & Castro (2005): "the modification of responding to a cue - even when this cue is absent- was actually observed in some of the earliest animal conditioning experiments. Sensory preconditioning is one example. After presenting a bell and a light together several times, Brogden (1939) found that, when the bell alone was later paired with shock, also elicited a conditioned response; that is, the bell-shock pairings led animals to change their responding to an absent cue, the light." (p.132). Cabe señalar que en las últimas décadas se han propuesto diversos modelos que incluyen la posibilidad de que la fuerza asociativa de los estímulos ausentes también sea modificada. Me referiré más adelante a una seria limitante de esta clase de modelos.

de un diagnóstico positivo de la enfermedad, mientras que N fue seguido de uno negativo. Tras pedir a los participantes que juzgaran el potencial de cada uno de los síntomas, esto es V, E, P, B, N y C, para predecir la enfermedad, Chapman encontró que, tras la tercera fase del experimento, P era visto como un muy buen predictor de la enfermedad mientras que N recibió una baja evaluación. Más interesante aún, fue el hallazgo de que sólo después de la tercera fase B recibía una calificación más baja que C, esto es, después del aprendizaje de que la enfermedad era contingente a P pero no a N. De esta manera, Chapman confirmó que el efecto de bloqueo sólo se daba en el caso de B, ausente durante la tercera fase del experimento, y que, por tanto, los participantes reevaluaban el valor predictivo de los síntomas correspondientes a la luz de la información disponible sobre P y N (Chapman, 1991).²⁶

En otro estudio, también con seres humanos, Shanks (1985) encontró un efecto similar en el contexto más específico de la formación de juicios causales. El experimento involucró un computador y un video juego. Al inicio del experimento, se les pidió a los participantes que dispararán, usando algunos comandos del teclado, a los tanques de guerra que iban apareciendo en la pantalla del computador. Adicionalmente, se informó a los participantes que los tanques atravesarían un campo minado mientras ellos disparaban. De acuerdo con la información suministrada por los experimentadores, tanto los disparos como las minas podrían destruir los tanques. En realidad, el momento, así como el lugar de la pantalla en el cual un tanque era destruido, fueron determinados de manera aleatoria por el programa mismo. En una

²⁶ Sin embargo, es notable la ausencia de efectos de bloqueo en aquellas situaciones en las cuales los sujetos poseen evidencia clara y suficiente de la relación causal que hay entre una causa potencial y un resultado. Considérese el siguiente ejemplo, tomado de Cheng & Buehner (2012): aprender que la mezcla de té con limonada resulta refrescante, no nos lleva a poner en duda la eficacia causal, previamente establecida, de la limonada para apagar la sed, así como tampoco impide que, llegado el caso, aprendamos que el té por sí solo también es una bebida refrescante. Un problema importante con los modelos asociacionistas que permiten que la fuerza asociativa de los estímulos ausentes sea modificada es que predicen que uno tendrá problemas para aprender que un mismo efecto puede tener varias causas suficientes (tanto la limonada como el té apagan la sed). Lo anterior es una consecuencia natural de suponer, tal y como lo hacen estos modelos, que la ausencia de un evento, y ya no sólo su extinción, reduce automáticamente su fuerza asociativa.

segunda fase, los participantes sólo pudieron observar la frecuencia con la cual los tanques explotaban como resultado de las minas. Cuando los participantes calificaron la efectividad causal de las minas y los disparos, éstos recibieron una nota más baja cuando los participantes habían sido expuestos, durante la segunda fase, a la relación entre la causa alternativa, las minas, y las explosiones de los tanques que cuando, durante la primera fase, los sujetos habían tenido adicionalmente la oportunidad de disparar. A partir de estos resultados, Shanks concluye que la atribución de un resultado a una posible causa puede ser alterada retrospectivamente al atribuir el resultado a una causa diferente a la luz de nueva evidencia (Shanks, 1985). Esto quedó en evidencia en el experimento descrito cuando, tras descubrir que las minas destruían los tanques, los participantes dejaron de juzgar como causalmente relevantes los disparos.

Para el caso de los animales no humanos, además de la revaluación retrospectiva que implica el efecto de bloqueo observado en ratas, también se han corroborado efectos de revaluación más complejos. Un ejemplo es el de las llamadas asociaciones de segundo orden entre estímulos ausentes (*higher-order associations between absent cues*). En este caso, la respuesta a un estímulo incondicionado también es sensible a la relación entre estímulos que, si bien nunca han concurrido, se encuentran vinculados entre sí a través de una red de asociaciones indirectas (Penn & Povinelli, 2007) Como ilustración de esta clase de asociaciones consideremos el siguiente escenario: una paciente alérgica observa cierto día que el aguacate y el plátano le producen una reacción alérgica y que, posteriormente, el aguacate y el queso también tienen el mismo efecto (este ejemplo ha sido extraído de Shanks, 2010). En tal situación, el plátano y el queso están asociados, pero sólo indirectamente, esto es, como acompañantes del aguacate cada vez que se da la reacción alérgica. Un experimento, con condiciones equivalentes, fue llevado a cabo por Denniston *et al.* (2003) con ratas. Usando sonidos y luces, se presentó a la ratas los estímulos A y X seguidos de un

estímulo incondicionado. Posteriormente, fueron presentados los estímulos X y Y seguidos del mismo estímulo incondicionado de la fase anterior. Al igual que el plátano y el queso en nuestro ejemplo, los estímulos A y Y están asociados indirectamente, pues aparecieron junto a X durante la fase de condicionamiento, aunque nunca concurren. Para probar que esta clase de asociaciones tiene un efecto en el aprendizaje de las ratas, los experimentadores sometieron el estímulo A a un proceso de extinción, en el cual A era presentado sin el correspondiente estímulo incondicionado. Como resultado, se encontró que dicha extinción tenía el efecto de reducir el nivel de respuesta de las ratas al estímulo Y. En contraposición, los experimentadores no encontraron el mismo efecto de bloqueo en el grupo control que no recibió el proceso de extinción de A. Houwer y Beckers (2002a, b) encontraron en seres humanos un patrón similar de aprendizaje. Esto implica que en el caso de la paciente alérgica de nuestro ejemplo, “The occurrence of the allergy in the presence of banana (B+) led to a concomitant increase in the judge relationship between cheese and the allergy, while conversely its nonoccurrence led to a decrease” (Shanks, 2010: 383). En conclusión, la evidencia disponible respalda la idea de que algunos animales no humanos, como las ratas, reajustan retrospectivamente el valor predictivo de un evento con respecto a cierto resultado sobre la base de nueva información referente al estatus causal de otros eventos, que no necesariamente guardan una relación de continuidad, ya sea temporal o espacial, con el evento objeto de reevaluación.

Otro efecto de bloqueo estudiado ampliamente en animales no humanos, es el llamado *forward blocking*. A la inversa del *backward blocking*, cuando un par de estímulos, A y B, predicen un estímulo incondicionado (AB+), el grado de aprendizaje de la relación entre A y el resultado (A+) se bloquea o reduce si B ya ha predicho con anterioridad el estímulo incondicionado (B+) (Shanks, 2010). En este caso, el bloqueo se manifiesta como una reducción en la respuesta a un estímulo (A) cuando éste concurre con otro estímulo (B) que ya ha sido establecido previamente como un

predicador fiable del estímulo incondicionado (Wheeler *et al.*, 2008). La presencia de este efecto también ha sido plenamente corroborada en numerosas especies, incluyendo, por supuesto, ratas y seres humanos.

Aún más interesante es el reciente hallazgo de que dicho efecto de bloqueo puede ser atenuado o modulado enseñando a las ratas, en una sesión previa de entrenamiento, que la concurrencia de dos estímulos condicionados no tiene un efecto acumulativo sobre un resultado o estímulo incondicionado asociado (Beckers *et al.*, 2006). Esto se comprobó a través del siguiente experimento: antes del entrenamiento de bloqueo, esto es, antes de presentar B+ seguido de AB+, se mostró a un grupo de ratas dos estímulos sonoros seguidos, cada uno, por un choque eléctrico de la misma intensidad (C+ y D+). En una segunda fase, la combinación de los estímulos resultó en, exactamente, el mismo choque eléctrico (CD+) que fue presentado previamente. La idea de esta fase de pre-entrenamiento era representar una estructura causal en la cual dos causas potenciales, C y D, no tuvieran un efecto acumulativo sobre el estímulo incondicionado, pues aun cuando ambos estímulos concurrían, la intensidad de su pretendido efecto permanecía estable en comparación con la fase anterior. Dos grupos de control recibieron pre-entrenamiento similar en términos de la cantidad e intensidad del estímulo incondicionado (Beckers *et al.*, 2006). Sin embargo, dicho pre-entrenamiento no era significativo con respecto a la condición acumulativa de las causas potenciales, presentándose a un grupo de control 3 estímulos diferentes seguidos, cada uno, por un choque eléctrico de la misma intensidad (C+/D+/E+) mientras que el segundo grupo de control recibió el mismo estímulo dos veces consecutivas para luego recibir un estímulo compuesto diferente (C+/C+/DE+). Los experimentadores encontraron que los dos grupos control, tras recibir el entrenamiento de bloqueo, B+ seguido de AB+, atenuaban considerablemente la intensidad de sus respuestas cuando se les presentaba A. En contraposición, “the animals that received the explicitly subadditive pretraining did not show any sign of a blocking effect” (Beckers

et al., 2006: 99).

Una consecuencia importante que se sigue de los anteriores experimentos es la siguiente: en animales como las ratas el aprendizaje previo sobre las propiedades causales de un conjunto de eventos puede tener efectos en la forma en que nuevas covariaciones serán aprendidas. Como vimos, la exposición previa a una configuración de estímulos que contradice la naturaleza acumulativa de un conjunto de eventos concurrentes, trae como consecuencia la atenuación del efecto de bloqueo. No sucede lo mismo cuando las ratas son expuestas a una configuración de estímulos que sí confirma la naturaleza acumulativa de los estímulos condicionados, siendo el efecto de bloqueo substancial en dicha condición. Esto también fue confirmado por Shanks y colaboradores (Lagnado *et al.*, 2006) a través de un diseño experimental en el cual las ratas recibían, antes del entrenamiento de bloqueo, una descarga eléctrica más intensa cuando las señales C y D concurrían temporalmente que cuando dichas causas era presentadas por separado (C+/D+/CD++). Comparadas con las ratas que recibieron esta clase de pre-entrenamiento acumulativo, las ratas del grupo de control presentaban una ligera disminución del efecto de bloqueo. En la misma dirección, otra interacción interesante encontrada por Shanks y colaboradores tiene que ver con la supresión del efecto de bloqueo en ratas que han sido expuestas a condiciones en las cuales el resultado o estímulo incondicionado es presentado a la intensidad máxima experimentada por los animales durante sesiones de pre-entrenamiento (*Ceiling effect*). De esta manera, "The outcome on A+ and AX+ trials would be the most intense outcome ever experienced by the animal, so it is unclear whether the animal would be able to anticipate anything more intense." (p: 10). El resultado de esta condición experimental fue la completa supresión del efecto de bloqueo, a pesar de haber recibido el entrenamiento apropiado. Igual de sorprendente es que las ratas que recibieron como resultado de los estímulos A y AX el choque eléctrico de menor intensidad mostraron un aumento significativo en el efecto de bloqueo exhibido.

Los resultados de los anteriores experimentos, que dan cuenta de la atenuación de los efectos de bloqueo en ratas, son análogos a los encontrados en el contexto del razonamiento causal en seres humanos. En dicho contexto es posible identificar una serie de constreñimientos que orientan nuestros razonamientos sobre relaciones causales. En su ya clásica teoría sobre la psicología de la inducción causal (*Power PC Theory*), Patricia Cheng (1997) observó que los seres humanos realizamos juicios sobre relaciones causales basándonos en una sencilla regla de decisión según la cual siempre que un resultado (e) ocurra en ausencia de una causa candidata (c) deberá revisarse a la baja la probabilidad de que (c) sea causalmente responsable de la ocurrencia del evento (e). A la inversa, si (e) nunca ocurre o rara vez ocurre en ausencia de (c) entonces la probabilidad de que el evento (c) produzca la aparición de (e) deberá ser alta. Consideremos el siguiente ejemplo, tomado de Cheng (1997): un niño pequeño arroja una pieza de cerámica al suelo (causa candidata) y, naturalmente, la pieza se rompe (efecto). Fácilmente puede contrastarse la situación en la que la causa candidata está presente con aquella situación en la que no: dado el lanzamiento de la pieza de cerámica ésta se rompe, mientras que antes del lanzamiento (i.e. en ausencia de la causa candidata) la pieza permanece intacta. “According to the power PC theory, the child should therefore be willing to infer from the positive contrast that dropping a ceramic item on the floor causes the item to break.” (Cheng, 1997: 375). Así, pues, la teoría propuesta por Cheng establece que un razonador será capaz de determinar el poder causal de una causa candidata (c) con respecto a cierto resultado (e) contrastando la probabilidad del resultado (e) cuando la causa candidata (c) está presente y cuando (c) está ausente (Cheng, 1997: 373). Para ello, se ha de seleccionar adicionalmente un conjunto focal de eventos (a), el cual corresponde a “the composite of (known and unknown) causes alternative to (c)” (p. 373).²⁷ Un supuesto de los

²⁷ La autora aclara en este punto que el conjunto focal no se corresponde, contrario a lo que había sido asumido por los filósofos, con el conjunto universal de eventos que influyen la ocurrencia de (E): más bien “a focal set is a contextually determined set of events that the reasoner uses as input to the covariation process” (p. 371).

razonadores a la hora de estimar el poder causal de una causa candidata es el siguiente: tanto los elementos del conjunto focal (*a*) como la causa candidata (*c*) influyen la ocurrencia del efecto (*e*) de forma independiente y, por tanto, tienen efectos acumulativos; adicionalmente, tanto (*c*) como las causas alternativas (*a*) agotan el universo de elementos que, al menos para el razonador, influyen la ocurrencia de (*e*). Una vez el conjunto focal ha sido definido, el razonador pasa a considerar separadamente la probabilidad de la ocurrencia de (*e*) cuando (*c*) y (*a*) están presentes y cuando (*a*), pero no (*c*), está presente. El contraste resultante entre estas dos condiciones le ofrecerá al razonador una medida más exacta del poder de la causa candidata para producir el evento (*e*). Como ya se señaló, si se encuentra que el efecto (*e*) casi nunca ocurre cuando la causa candidata (*c*) está ausente, el razonador podrá concluir que el poder causal de (*c*) para producir (*e*) es alto. Si, por el contrario, se encuentra que (*e*) ocurre aun cuando (*c*) está ausente entonces el razonador podrá concluir que el poder causal de (*c*) es bajo.²⁸ Precisamente, éste parece ser el caso de las causas candidatas en los diseños experimentales que buscan reproducir los efectos de bloqueo, en los cuales el mismo efecto (*e*) ocurre aún en ausencia de la causa candidata (*c*) durante la primera fase del entrenamiento, cuando una causa alternativa (*a*) es presentada en conjunción con el efecto (*e*). En resumen, el modelo propuesto por Cheng predice la aparición del efecto de bloqueo en ratas y humanos como resultado de la exposición a un conjunto focal en el cual el efecto ocurre independientemente de la causa candidata, generándose un contraste con el conjunto donde sí aparece la causa alternativa. El resultado de dicho contraste genera una baja estimación del poder causal de la causa candidata (*a*), pues el efecto (*e*) aparece, incluso, en momentos en los que aquella está ausente.

²⁸ Sin embargo, no siempre un contraste positivo a favor de (*i*) es un indicador fiable de su poder causal (Cheng, 1997: 373). Considérese aquellos casos en los que es claro para el razonador que (*a*) no ocurre independientemente de (*i*). Así, aun cuando (*e*) casi nunca ocurra en ausencia de la causa candidata (*i*), el razonador “would think that this variation in how frequently (*a*) occurs might produce the positive contrast for (*i*)”. (p. 373). Como consecuencia, el razonador asignará a (*i*) un poder causal bajo.

Sin embargo, también es posible, como vimos antes, que el efecto de bloqueo dependa de si el resultado es un evento discreto (esto es, o bien está presente o bien está ausente) o, más bien, es un evento continuo (esto es, que ocurra con cierta intensidad) (De Houwer *et al.*, 2002). Esta posibilidad, contemplada por Cheng (1997), es un caso límite de su teoría, pues, como observa De Houwer: “from a logical point of view, the outcome of such a contrast does not provide an accurate basis for a contingency judgements when the outcome is a discrete events that always occurs both in the presence and in the absence of the target cue” (p. 967). La razón es que, cuando cierto resultado es un evento discreto, la causa alternativa por sí misma ya produce el efecto a su máxima intensidad posible, opacando de esa forma la posible influencia de la causal candidata. En tal caso es imposible extraer con certeza conclusión alguna sobre si la causa candidata tiene el poder para producir el efecto o no y, por tanto, el efecto de bloqueo deberá atenuarse.

Precisamente, dicha atenuación fue encontrada por De Houwer *et al.* (2002) en sujetos humanos. En un experimento, que replicaba varios elementos, ya descritos, de Shanks (1985), se buscó manipular las características de los elementos del conjunto focal (*a*) y la causa candidata (*c*), así como la naturaleza de los resultados (*e*), presentados en una típica situación de bloqueo (*forward blocking*). Se encontró que cuando los resultados ocurrían a su máxima intensidad posible (i.e. 20/20) los sujetos se mostraban reacios a concluir que la causa candidata (*c*) no tuviera un efecto causal sobre el efecto (*e*), pues en tales casos no era posible verificar si (*c*) producía un incremento en la intensidad de (*e*) (De Houwer *et al.*, 2002) En cambio, si los resultados no eran presentados a la máxima intensidad posible (i.e. 10/20) era obvio para los sujetos que (*c*) no tenía ninguna influencia causal sobre el efecto (*e*), pues la intensidad de éste evento nunca variaba, incluso en aquellas situaciones en las que (*a*) e (*c*) concurrían. Adicionalmente, cuando los eventos (*e*) y (*c*) fueron descritos como meros indicadores del evento (*e*), y no como causas, los sujetos se mostraron más cautos a la

hora de emitir un juicio sobre el poder causal de (c). Para los autores del estudio, este último hallazgo indica que solamente cuando dos eventos que concurren son presentados como causas efectivas se espera un aumento en la intensidad del resultado. Este último efecto también es predicho por Cheng (1997), pues el contraste entre el conjunto focal y la causa candidata sólo es posible asumiendo que ambos elementos son independientes en términos de la posible influencia causal que tendrían sobre el resultado. Así, pues, Cheng atribuye al razonador la creencia según la cual si dos causas potenciales, (a) y (c), son ambas causas efectivas de un resultado particular, entonces tal resultado deberá ser más intenso o fuerte cuando ambas causas están presentes que cuando sólo una de ellas lo está (suponiendo, claro está, que ambas son efectivas). Como las señales presentadas en el experimento de De Houwer son descritas como no causales, los participantes no esperan ningún efecto acumulativo, i.e. aumento en su intensidad, cuando ambas señales son presentadas en conjunto. En esta misma dirección, numerosos estudios experimentales han encontrado que cuando se contradice explícitamente la naturaleza acumulativa de un conjunto de causas potenciales, durante las sesiones de entrenamiento relevantes, los sujetos suelen mostrar una reducción significativa del efecto de bloqueo; caso contrario a si las causas candidatas son descritas como teniendo un efecto acumulativo, y donde es posible, además, corroborar un aumento sustancial en la intensidad del resultado presentado. De esta manera, la evidencia empírica disponible respalda la visión de Cheng relativa a las condiciones o constreñimientos bajo los cuales los razonadores, en condiciones normales, estiman el poder causal de una causa candidata.

Para el caso de los animales no humanos, evidencia empírica similar se ha venido acumulando a lo largo de las últimas 3 décadas, por lo cual se ha podido comprobar que algunas especies animales también son sensibles al tipo de constreñimientos propios de las inferencias causales descritos por Cheng. Al respecto, hemos visto que es posible modular el efecto de bloqueo en ratas exponiéndolas a circunstancias en las

cuales se contradice explícitamente la naturaleza acumulativa de las causas potenciales. Asimismo se ha comprobado que el efecto de bloqueo es susceptible de ser atenuado cuando se muestra a las ratas un resultado discreto. Si bien no nos atrevemos a afirmar que las ratas puedan llevar a cabo inferencias lógico causales de manera controlada (Beckers *et al.*, 2006), los hallazgos presentados dan cuenta de la capacidad de las ratas para aprender sobre relaciones causales, y no sólo sobre correlaciones. En particular, las ratas parecen distinguir entre causas espurias y causas efectivas²⁹ así como entre causas generativas y causas preventivas.³⁰ Que las ratas son sensibles al primer tipo de distinción queda en evidencia en aquellos casos en los cuales los animales bloquean su respuesta ante una señal que, a pesar de haber mostrado cierta correlación con el resultado, se puede comprobar que no tiene ningún tipo de influencia causal, lo cual ocurriría en un típico procedimiento de bloqueo. Cuando dicha comprobación no es posible, como en los casos del *Ceiling effect*, el efecto de bloqueo, en cambio, suele verse atenuado considerablemente. En tales casos la información disponible sería insuficiente para distinguir entre el evento o señal como no teniendo ningún tipo de relación con el resultado, salvo su mera correlación, versus el mismo evento guardando una relación causal que, sin embargo, no es detectable en virtud de que el resultado es discreto (Shanks, 2010). Esto último, sin embargo, no es cierto cuando lo que se pretende evaluar es si la causa candidata previene la ocurrencia del efecto. En una situación de este tipo, la información disponible en los procedimientos de bloqueo, donde se muestra un resultado discreto, es suficiente para descartar la existencia de una relación causal preventiva. Por ello, la atenuación del efecto de bloqueo sería una indicación de que las ratas tienden a tratar las causas candidatas más como causas generativas que como causas preventivas, aun cuando ambas evaluaciones sean compatibles con la configuración de estímulos mostrada a las

²⁹ Lien & Cheng (2000) ofrecen la siguiente caracterización de esta distinción: We call a factor that covaries with an effect (or is associated with it) and is judged to be causal a *genuine* cause and a factor that covaries with and effect (or is associated with it) but is judged to be noncausal a *spurious* cause. p. 88.

³⁰ Una causa generativa lo es en virtud de que favorece la ocurrencia de un efecto dado. Una causa preventiva lo es en virtud de su poder para prevenir la ocurrencia del efecto (Penn & Povinelli, 2007).

ratas (Penn & Povinelli, 2007).

Ahora bien, también es posible interpretar la atenuación del efecto de bloqueo en ratas como un reflejo de su conocimiento sobre modelos causales, los cuales guían el aprendizaje de nuevas contingencias observable. Como se recordará, en un típico procedimiento de bloqueo la causa candidata nunca es presentada en ausencia de la causa alternativa. Y dado que, en algunas ocasiones, la causa alternativa ya produce la aparición del efecto a su máxima intensidad posible, resultara difícil para un razonador determinar en esa circunstancia si la causa candidata ejerce algún tipo de influencia causal además de la que ya ejerce la causa alternativa. Por tanto, las ratas no tendrán certeza sobre el estatus de la causa candidata, siendo imposible determinar si la configuración de eventos observada corresponde a una situación en la cual hay dos causas independientes que confluyen (*Common-effect model*) o si más bien se trata de una relación causal simple en la que, además, habría una correlación fortuita con un tercer elemento, la causa candidata, que, en realidad, carecería de toda influencia causal. Así, pues, la atenuación del efecto de bloqueo se explica como resultado de la incapacidad de las ratas, dada la falta de información disponible, para decidir entre dos modelos causales alternativos.

Evidencia aún más directa de que los animales no humanos son capaces de mapear eventos observados a modelos causales proviene de una serie de experimentos realizados por Blaisdell *et al.* (2006). Los experimentos buscaban determinar si las ratas son capaces de derivar predicciones correctas sobre intervenciones a partir de observaciones. Durante la fase de entrenamiento, que involucró un típico procedimiento de condicionamiento de segundo orden, se presentó a los animales una configuración de estímulos que, dado sus intervalos temporales, asemejaba estadísticamente una estructura causal en la cual dos eventos son resultado de una misma causa: primero, una señal luminosa precedía temporalmente la presentación de un tono, y luego la presentación de la misma luz era seguida de la

aparición de comida en un receptáculo. Las ratas de un segundo grupo recibieron los mismos estímulos pero los experimentadores esta vez variaron su orden: el tono seguido de luz y luego la misma luz seguida de comida. De esta manera, se buscó representar un modelo de cadena causal (*causal-chain model*), donde una causa inicial (el tono) influencia la ocurrencia de cierto evento (la luz) el cual, a su vez, produce la aparición de un tercer suceso (la comida en el receptáculo). En contraposición, en las típicas estructuras de causa común, sólo uno de los eventos presentados tiene influencia causal, mientras que los otros dos, sus efectos, serían independientes entre sí. Tras la fase de entrenamiento, las ratas fueron divididas en dos condiciones experimentales. En ambas condiciones los experimentadores introdujeron dos modificaciones importantes: una palanca que antes no había estado presente fue introducida en la cámara de condicionamiento. Adicionalmente, se dejó de presentar la luz de tal forma que el único estímulo perceptible era el tono. Cada vez que las ratas en la condición de intervención-T oprimían la palanca, recibían una presentación del tono. En la condición de observación-T, las ratas escuchaban exactamente el mismo estímulo independientemente de que oprimieran la palanca o no. Para ambas condiciones los experimentadores midieron el número de veces que las ratas daban golpes con la nariz en el receptáculo en busca de comida. Las ratas del grupo control no recibieron ningún tipo de entrenamiento antes de la presentación del tono. Cabe señalar que en ninguna de las condiciones experimentales las ratas recibieron reforzamiento.

Los resultados encontrados por Blaisdell *et al.*, (2006) respaldan la conclusión de que las ratas son capaces de integrar relaciones entre estímulos, aprendidas individualmente, en modelos causales complejos. Como consecuencia de este aprendizaje, los animales fueron capaces de derivar predicciones correctas sobre intervenciones y observaciones (Blaisdell *et al.*, 2006). Por ejemplo, cuando algunas de las ratas que habían sido expuestas a la estructura de causa común fueron evaluadas en la condición de observación-T, los experimentadores encontraron una alta

propensión de los roedores a buscar comida en el receptáculo. En este caso, la predicción de que había comida en el receptáculo era correcta pues en los modelos de causa común la presentación del tono es consecuencia de la luz, que a su vez produce la aparición de la comida. En cuanto a las ratas evaluadas en la condición de intervención-T, que también fueron expuestas a la estructura de causa común, los experimentadores registraron una disminución importante de la expectativa de comida con respecto del grupo de control. Una vez más, el nivel de expectativa mostrado por las ratas confirma su capacidad para generar predicciones correctas, pues el tono, en esta condición, no fue producido por su causal usual, la luz, sino más bien a través de una intervención independiente de las ratas en la palanca. Y dado que manipular un efecto no influye ni en su causa ni, mucho menos, en otros efectos de ésta, la producción del tono por parte de las ratas no tenía por qué haber producido la aparición de la comida. Por supuesto, las predicciones hechas en la condición de observación-T no hubieran sido posibles sin la capacidad de las ratas para formar e integrar las asociaciones luz-tono y luz-comida en un modelo o representación mental en el que la luz sirve como elemento mediador entre la percepción del tono y la representación de la comida en el receptáculo. Es de suponer, sin embargo, que para que tal mediación se diera a su vez era necesario el aprendizaje previo de que el tono y la comida no ocurrían con independencia de la luz. Así, pues, las ratas parecen haber asumido que al percibir el tono la luz se había dado (sin luz no hay tono) y que, en consecuencia, la comida debía estar en el receptáculo (asociación luz-comida). En el caso de la condición de intervención-T, manipular la palanca habría llevado a las ratas a corroborar que en ese caso el tono sí había ocurrido con independencia de la luz y que, por tanto, no cabía esperar la aparición de la comida. En resumen, aquellas ratas entrenadas en el modelo de causa común fueron capaces de generar predicciones correctas sobre sus propias intervenciones (buscar comida o no) porque, entre otras cosas, ellas habrían sido sensibles a las diversas relaciones de dependencia causal entre las causas y sus efectos.

En lo que respecta a las ratas entrenadas en la estructura de cadena causal, no se registró ninguna diferencia substancial en su nivel de respuesta al ser evaluadas en las condiciones de observación-T e intervención-T. En ambos casos los roedores mostraron una propensión mayor que los sujetos del grupo control a buscar comida en el receptáculo. Que las ratas hayan anticipado la presencia de la comida en el receptáculo se ajusta a un modelo de cadena causal en el que la presentación del tono, con independencia de que éste sea producido a través de una intervención o no, marca el inicio de un proceso que lleva del tono a la luz y de ésta a la presentación de la comida en el receptáculo. Tal predicción tan sólo requiere que las representaciones de la luz y la comida se activen, tras escuchar el tono, en el mismo orden temporal en el que fueron aprendidas (Blaisdell *et al.*, 2009).³¹

Otra consecuencia importante que se desprende de Blaisdell *et al.* (2006), es que las ratas parecen distinguir entre ausencia de evidencia y evidencia de ausencia. Como se recordará, en el experimento citado las ratas fueron capaces de derivar predicciones sobre intervenciones a partir de observaciones de pares de estímulos. Un grupo de sujetos recibió como entrenamiento el par de estímulos tono-luz seguido del par luz-comida. Tras esta fase inicial, se presentó a las ratas, en la misma cámara de condicionamiento, el tono y se midieron sus respuestas ante dicho estímulo. Se encontró que los roedores buscaban comida en el receptáculo más de lo que lo hacían los individuos del grupo control, los cuales no habían recibido entrenamiento con el tono. Como se recordará, un aspecto importante de este experimento fue que los

³¹ Como es obvio, esta explicación contrasta por su simplicidad con la explicación que antes ofrecimos de las predicciones hechas en la condición de observación-T por parte de las ratas entrenadas en el modelo de causa común. Una diferencia crucial entre predecir la comida a partir del tono en una estructura de causa común y la misma clase de predicción en una estructura de cadena causal es que mientras en el segundo caso las ratas tuvieron que representarse los eventos en el mismo orden temporal en el que habían sido aprendidos (tono-luz-comida), en el primero, las ratas tenían que invertir dicho orden pues sólo así se generaría una predicción correcta. Así mientras las ratas habían aprendido que el tono sigue a la comida, durante la condición de observación-T las ratas tuvieron que representarse la luz tras percibir el tono, invirtiendo de esa manera el orden temporal de la covariación aprendida. A su vez, esta inversión no hubiera sido posible sin el aprendizaje adicional de que el tono no se habría dado sin la aparición de la luz.

sujetos, durante las sesiones de prueba, no pudieron ver la luz por lo que las ratas tenían que formar una asociación entre el tono y la comida a través de un estímulo físicamente ausente. A partir de estos resultados, Blaisdell *et al.* (2006) concluyeron que: “[The] rats tend to conservatively treat the absent but expected events as possibly present but missed” (p. 1021). En otras palabras, las ratas habrían sido sensibles a la ausencia de evidencia sobre la presencia de la luz. Como veremos más adelante, en un experimento posterior Blaisdell y colaboradores confirmaron dicha hipótesis.

Ahora bien, es importante señalar que no sólo en el contexto del aprendizaje asociativo los animales no humanos exhiben patrones de comportamiento que reflejan su conocimiento sobre relaciones causales entre eventos. Así, en estudios que no involucran ningún tipo de aprendizaje previo, mucho menos condicionamiento, los psicólogos comparados han encontrado que animales no humanos como los grandes simios también son sensibles a los diferentes rasgos de las relaciones causales entre eventos. Uno de esos rasgos es el de la direccionalidad temporal que hay entre causas y efectos: una causa produce un efecto pero no viceversa (Völter & Call, 2014). Precisamente, estos autores examinaron el conocimiento causal de un grupo de grandes simios en relación a dicha direccionalidad temporal. Para ello idearon un ingenioso experimento en el cual los sujetos (36 primates en total) debían elegir entre dos copas o recipientes opacos, de los cuales solo uno contenía el vaso de yogurt que servía de recompensa. Los dos recipientes, ambos boca abajo, estaban dispuestos sobre una plataforma situada justo al frente del primate. Adicionalmente, sobre la plataforma había una hoja de papel de color marrón con rastros de yogurt detrás de las copas que o bien habían sido hechos cuando los recipientes fueron desplazados por los experimentadores o bien ya estaban presentes antes de que la comida fuera escondida. Basados en dichos rastros, los primates debían elegir cuál de las dos copas contenía la recompensa. En un primer experimento, se buscó determinar si los primates, basándose en el rastro de comida dejado en la hoja, podían distinguir entre la copa que

contenía yogurt y la copa en la cual había un pellet de comida seca. Adicionalmente, los experimentadores en este primer experimento indagaron si los primates, para determinar dónde estaba la recompensa, tenían que observar cómo eran producidos los rastros. Para ello cuatro condiciones experimentales fueron definidas. En la primera, los primates podían ver al experimentador haciendo el rastro cuando arrastraba a través de la hoja de papel la copa que contenía el yogurt. La otra copa, que también era arrastrada a la vista del primate, no dejaba rastro pues contenía un *pellet* de comida seca. La segunda condición repetía el mismo procedimiento que la primera, sólo que ésta vez a los primates no les era permitido ver cuando las copas eran desplazadas (causa), pues un panel oscuro ocluía la vista del primate, y, por tanto, no podían ver cómo era producido el rastro de yogurt (efecto). En la condición de control, ninguna de las dos copas de yogurt dejaba rastro de comida cuando eran arrastradas a la vista del primate. Lo mismo sucedía en una cuarta condición en la que además los experimentadores producían arbitrariamente y a la vista del primate el rastro de Yogurt después de haber desplazado las copas. Se encontró que el desempeño de los primates no superaba el nivel de lo esperable por azar ni en la condición de control ni cuando el rastro había sido producido arbitrariamente por el experimentador. Por el contrario, un número significativo de primates tuvieron aciertos por encima del nivel de lo esperable por azar en las otras dos condiciones experimentales. Esto demuestra que los primates son capaces de usar los rastros para inferir de manera retrospectiva la ubicación de la comida.

Sin embargo, un explicación alternativa de los resultados encontrados por Völter & Call (2014) en el primer experimento de su estudio es que los primates basaron su elección atendiendo solamente a la cantidad de yogurt que rodeaba la copa con la recompensa. Para descartar esta explicación, se llevó a cabo una serie de experimentos adicionales que pretendían examinar más a fondo si los primates tomaban en cuenta el orden causal a la hora de elegir cuál de las dos copas contenía la

recompensa. Así, en un segundo experimento, además de la condición de control ya descrita y de la condición en la cual los sujetos debían inferir la localización de la comida, se añadió una tercera condición en la que no había relación causal directa entre el rastro y el desplazamiento de la copa. En dicha condición, el experimentador ponía una hoja marrón sobre la plataforma que exhibía un rastro pre-existente de yogurt; luego bloqueaba la vista del primate con un panel oscuro y ponía el vaso de yogurt en la copa ubicada al final del rastro. Por último, el experimentador removía el panel oscuro y permitía que el primate eligiera entre las dos copas. Los sujetos tuvieron un desempeño por encima de lo esperable por azar tanto en la condición no causal como en la inferencial. Para los experimentadores el anterior resultado no debe interpretarse precipitadamente como evidencia a favor de la hipótesis de que los primates sólo se fijan en la cantidad de yogurt alrededor de la copa pues es posible que “they might have used the noncausal trail as hint even though they might have understood that it had no causal relation to the reward.” Otra explicación alternativa, considerada por los autores, es que los primates asumieron que la copa con la recompensa había dejado un rastro que se sobreponía espacialmente con el rastro pre-existente. Así, en un tercer experimento se buscó determinar directamente si los primates distinguen entre un rastro no-causal y uno causal. Para ello se presentaron a los sujetos tres condiciones que involucraban dos rastros diferentes. En la primera condición, la relación lógica entre los rastros podía calificarse como incongruente: el rastro pre-existente divergía de aquel hecho por el experimentador al desplazar la copa y, por tanto, llevaban a copas diferentes. En la segunda condición, el experimentador hacía un segundo rastro paralelo al rastro pre-existente de tal forma que ambos llevaran a la copa donde estaba escondida la recompensa. Cabe señalar que ambos rastros eran claramente distinguibles entre sí. En la tercera condición, cuando la escena era ocluida con el panel opaco el experimentador hacía dos rastros simétricos impidiendo con ello que los sujetos recibieran información acerca de cuál de los dos conducía a la recompensa. Solamente en esta última condición el desempeño de los sujetos no

estuvo por encima de lo esperable por azar. Para los autores este resultado sugiere que los primates descartan como pistas para encontrar la comida aquellos rastros que no respetan el orden temporal causa-efecto.

No obstante, una explicación alternativa es que los primates tuvieron preferencia por el rastro de comida más reciente. Para descartar esta explicación, los autores decidieron llevar a cabo un cuarto experimento en el cual se definieron dos condiciones. En la primera, el experimentador ponía sobre la hoja de papel marrón que cubría la plataforma una segunda hoja, de menor tamaño, que ya exhibía un rastro de yogurt. Luego se cubría la escena con el panel oscuro no sin antes haber mostrado al primate las dos copas y la recompensa. El experimentador, que desplazaba la recompensa sobre la hoja de papel dejando un segundo rastro, escondía el vaso de yogurt en la copa que no estaba ubicada al final del rastro pre-existente (igual que en la condición incongruente). En la segunda condición, se ponía la hoja con el rastro pre-existente sobre la hoja de papel que cubría la plataforma después de que el experimentador había desplazado, a la vista del primate, la copa que contenía la recompensa dejando de esa manera un segundo rastro de yogurt. En este caso, el rastro no causal o pre-existente era el más reciente mientras que en la primera condición el rastro más reciente era el causal. Significativamente, en ambas condiciones los sujetos tuvieron un desempeño por encima de lo esperable por azar, soslayando de esa manera los rastros no causales, aun cuando en una de las condiciones éstos eran más recientes que sus contrapartes causales. Finalmente, para descartar que la elección de los primates se atuviera solamente a la cantidad de yogurt alrededor de las copas, se presentó a los sujetos un último experimento con dos rastros sucesivos: el primero llevaba a la copa sin el yogurt mientras que el segundo iba de ésta a la copa con la recompensa. Los sujetos, en caso de seguir los rastros correctamente, debían elegir la copa al final del segundo rastro en lugar de elegir la copa con la mayor cantidad de yogurt a su alrededor (la de en medio de los dos rastros). Los sujetos fueron capaces de elegir

correctamente (i.e. eligieron la segunda copa), aun cuando los experimentadores nos les permitieron ver la secuencia en la cual eran hechos los rastros. En contraposición, cuando los primates observaban dicha secuencia, éstos fallaban en repetidas ocasiones eligiendo la copa con más yogurt a su alrededor. “This finding suggests that the apes decided not merely based on a perceptual rule but considered the logico-causal relations of the task indicating that the reward was not likely hidden at the endpoint of the two successive trails” (p. 207).

Evidencia de ausencia vs. Ausencia de evidencia en primates no humanos

Como primer paso para replicar en primates el estudio de Blaisdell *et al.* (2006), el autor de la presente disertación llevó a cabo un estudio experimental en el Centro Primatológico Wolfgang Kohler, ubicado en la ciudad de Leipzig, Alemania.³² En dicho experimento se buscó poner a prueba la capacidad de un grupo de primates no humanos para distinguir entre situaciones en donde hay ausencia de evidencia y casos donde se les planteaba evidencia de ausencia.

En nuestra vida cotidiana no tenemos ningún problema para hacer frente a situaciones en las cuales hay ambigüedad o incertidumbre. Una forma en la que plantamos cara a la incertidumbre es cuando representamos eventos u objetos existentes pero que no percibimos directamente. Así, pues, frecuentemente escondemos objetos de nuestra vista para luego, tras varios días e incluso años, recuperarlos. En tales casos suponemos que los objetos siguen existiendo en el lugar donde los dejamos. Con la misma facilidad hacemos frente a casos de ambigüedad. Por ejemplo, durante días nublados y cuando la visibilidad es pobre preferimos no sobrepasar otros carros en el camino, en especial, cuando éste es angosto. En

³² Este estudio fue realizado en colaboración con el Dr. Christoph Völter, bajo la dirección del Dr. Josep Call, director del centro primatológico referido. El diseño del experimento, la construcción del aparato así como la recolección de los datos se llevó a cabo entre el 10 de Febrero de 2015 y el 2 de Septiembre de 2016. Actualmente los autores trabajamos en la elaboración de un artículo científico que, esperamos, sea publicado en el transcurso del presente año.

situaciones como esa, no sabemos si podrían venir otros carros en la dirección contraria, pues no alcanzamos a verlos. Por supuesto, que los animales no humanos sean sensibles a condiciones de incertidumbre o ambigüedad es un rasgo con un alto valor ecológico. Dicha sensibilidad parece subyacer a la capacidad de algunas especies de depredadores para seguir presas aun cuando éstas no se encuentran en su campo visual. Algunas especies de aves también han demostrado su capacidad para recuperar piezas de comida que fueron escondidas previamente. En todos los ejemplos anteriores animales, humanos y no humanos, se enfrentan a situaciones donde la información disponible sobre la presencia de objetos y/o estímulos es sólo parcial. Esta condición, conocida en la literatura como ausencia de evidencia, contrasta desde un punto de vista epistemológico con aquellos casos donde hay evidencia de ausencia, pues mientras en el primer caso no hay certeza sobre la presencia de cierto objeto en el segundo la evidencia disponible es suficiente para confirmar que el mismo objeto se haya ausente.

Como se recordará, en Blaisdell *et al.* (2006) la idea de que los animales no humanos reconocen los casos de ausencia de evidencia explicaría, al menos en parte, porque algunas de las ratas del experimento pudieron inferir la presencia de comida en el receptáculo aun cuando no percibieron la luz con la cual aquella había sido asociada previamente. De acuerdo con esta hipótesis, las ratas en la condición de observación T infirieron, a partir de la observación pasiva del tono (T), que la causa antecedente L estaba presente pero no la podían ver y que, por tanto, cabía esperar la presencia de comida. En contraste, las ratas en la condición de intervención T parecen atribuir la presentación del tono a su propia intervención y, por tanto, descartaron que el tono fuera causado por una luz inobservable. Cabe insistir en que la anterior interpretación de los resultados alcanzados por Blaisdell *et al.* (2006) depende sustancialmente de la hipótesis de que las ratas consideran que la causa común está presente pero no la pueden percibir. En este sentido, según los autores del estudio las ratas reconocen que aún cuando no puedan ver la luz la misma podría estar allí. En otras palabras, las ratas

son sensibles a la ausencia de evidencia sobre la presencia de la luz.

Después de su estudio seminal Blaisdell y colegas buscaron abordar directamente la cuestión de si las ratas son sensibles a la ausencia de evidencia. Asimismo buscaron determinar si las ratas notan la diferencia entre ausencia de eventos y falta de información. Para ello, en Blaisdell *et al.* (2009) se entrenó un grupo de ratas en una configuración de estímulos que representaba un modelo de cadena causal. El entrenamiento involucró un procedimiento de preconditionamiento entre los pares de estímulos tono-luz seguido de otro procedimiento de preconditionamiento entre los pares de estímulos luz-comida. Esta etapa buscaba enseñarles a las ratas que el tono causa la luz y que ésta a su vez causa la aparición de la comida. Posterior a la fase de entrenamiento, los sujetos fueron divididos en dos grupos. Para el primer grupo, la bombilla dentro de la cámara de condicionamiento, donde antes había sido presentada la luz, fue removida y reemplazada por un plato de aluminio. Para el resto de sujetos la bombilla no fue removida de su lugar original. Finalmente, los sujetos de ambos grupos recibieron presentaciones del tono, las cuales no fueron acompañadas de ningún tipo de reforzamiento. Los investigadores midieron el número de golpes de nariz de las ratas en el receptáculo donde antes se había entregado la comida. Significativamente, los investigadores prestaron especial atención al intervalo temporal en el que las ratas esperaban la aparición de la comida, esto es, cuando el tono había terminado. Se encontró que las ratas mostraban una mayor tendencia a responder cuando la bombilla había sido reemplazada por un plato de aluminio que cuando la misma seguía en su lugar original pero no se encendía. En esta última condición las ratas no mostraron un nivel mayor de respuestas al que mostraban antes de la presentación del tono.

Los anteriores resultados parecerían confirmar la hipótesis de que las ratas distinguen entre ausencia de evidencia y evidencia de ausencia. Las ratas que mostraron un nivel alto de respuesta al percibir el tono parecen haber aprendido, en el orden temporal apropiado, las correlaciones tono-luz luz-comida de manera tal que la

presentación del tono durante las sesiones relevantes explicaría su expectativa por la comida. Tal expectativa habría sido violada cuando la bombilla permaneció apagada (ausencia explícita) pero no cuando la misma bombilla fue cubierta por el plato de aluminio. Así, cuando la bombilla que producía la luz dentro de la cámara de condicionamiento fue cubierta con un plato metálico, se generó una condición de incertidumbre sobre la presencia de la luz. Como ya se mencionó, los sujetos que fueron sometidos a esta condición de ausencia ambigua, registraron altos niveles de golpes en el receptáculo tras escuchar el tono. Los experimentadores no hallaron los mismos resultados en el grupo que había sido evaluado en la condición de ausencia explícita, donde, en lugar de ocultar o reemplazar la bombilla, simplemente se dejó de presentar la luz a los roedores. En esta condición, el bajo nivel de respuesta ante el tono respaldaría la tesis de que la ausencia explícita del estímulo luminoso viola la expectativa de las ratas por la luz, rompiendo de esa manera con la cadena causal establecida durante las sesiones de entrenamiento. No parece suceder lo mismo cuando las ratas se enfrentan a la situación en la cual no queda claro si la luz ha sido presentada o no (luz cubierta), pues en ese caso ellas siguen esperando la aparición de la comida después del tono, por lo que en esa situación los animales serían sensibles a la posibilidad de que la luz haya sido presentada pero no la puedan percibir (la cadena causal sigue intacta).

En un experimento similar a Blaisdell *et al.* (2009), entrenamos un grupo de 8 primates para asociar un tono con la presencia de comida y dos estímulos visuales como indicadores de la localización de la comida. Para ello empleamos un típico paradigma de reforzamiento diferencial. Después de que los primates aprendían las asociaciones entre los estímulos pusimos a prueba su capacidad para reconocer casos de ambigüedad. Para ello, cubrimos una de las fuentes de los estímulos visuales mientras que la otra permanecía descubierta. Luego registrábamos los lugares donde los primates buscaban comida. La idea de cubrir uno de los estímulos visuales era crear

ambigüedad sobre la condición del estímulo (si estaba presente o no). Nuestra hipótesis de trabajo era que si los primates trataban el lado ocluido como un caso de ambigüedad entonces ellos actuarían como si el estímulo visual estuviera presente y, por tanto, buscarían la recompensa en ese lado. En contraposición si trataban el lado ocluido como un caso de evidencia sobre la ausencia del estímulo visual entonces no buscarían la comida allí.

5 chimpancés (*Pan troglodytes*) y 3 orangutanes (*Pongo abelii*) participaron en el estudio. De ellos 6 eran hembras y 2 machos. Todos los sujetos se encontraban albergados, a la fecha del estudio, en el Centro Primatológico Wolfgang Köhler, situado en las instalaciones del Zoológico de Leipzig, Alemania. El aparato experimental empleado (ver imagen 1) consistía en una caja azul hecha de Plexiglas (base: 72.5 cm, alto: 50.5 cm) que se encontraba detrás de un vidrio de acrílico transparente y cuya parte frontal apuntaba hacia el primate, el cual se encontraba en una jaula. Dos orificios circulares en la parte frontal de la caja, cada uno de 10 centímetros de diámetro, permitía a los primates acceder a la recompensa (un trozo de comida concentrada en forma de rosquilla) en una cavidad. Ambos orificios estaban alineados horizontalmente en la parte baja de la caja (sus respectivos centros estaban a 7 centímetros de la base de la caja) y para conseguir acceso a su interior los primates debían abrir una puerta corrediza. Otro par de orificios, alineados verticalmente con el primer par, mostraban, dependiendo de la condición, un estímulo visual a los primates. Para 6 de los sujetos usamos como estímulo visual luces LED (*light-emitting diode*) mientras que para el resto de ellos usamos como estímulo un trozo de comida concentrada idéntico al que los primates podían recuperar como recompensa. En este caso, reemplazamos las luces LED por dos discos rotatorios cada uno movido por un motor paso a paso (*stepper motor*). El trozo de comida que servía de estímulo visual fue pegado a la parte frontal del disco rotatorio y mostrado por 5 segundos a los primates. Durante las sesiones de entrenamiento una placa opaca era sostenida encima de cada orificio

mostrando el estímulo visual. Para dar inicio al experimento los primates debían oprimir un botón ubicado en el centro de la caja. Después se escuchaba un tono por 5 segundos. Significativamente, la operación entera del aparato (entregar la comida, mostrar las pistas auditivas y visuales, etc.) era controlada de manera automática por dos microcontroladores conectados a las luces LED, 3 servomotores, un altavoz y el botón en medio de la caja. Dos de los servomotores controlaban los dispensadores de comida en cada lado del aparato. Cuando uno de los dispensadores era activado un trozo de comida caía en una pequeña recamara donde podía ser recuperada por los primates abriendo una de las puertas corredizas. Cada línea dispensadora podía entregar 12 trozos de comida por sesión. El tercer servomotor se encargaba de mover una pieza de acrílico que bloqueaba las puertas tan pronto como cada ensayo experimental se terminaba. Igualmente, había otro servomotor que se encargaba de remover de las recamaras los trozos de comida que no habían sido recuperados por los primates durante los ensayos. Por último, los microcontroladores estaban conectados a 4 switches encargados de registrar los movimientos de las puertas corredizas. Esto nos permitió llevar un registro detallado de las respuestas de los primates.



Imagen 1

Los sujetos fueron entrenados y posteriormente puestos a prueba en sesiones individuales. Durante la fase de entrenamiento había 4 condiciones posibles (ver imagen 2): (1) solamente el estímulo visual de la izquierda era mostrado a los primates (condición *i*); (2) solamente el estímulo visual de la derecha era mostrado (condición *d*); (3) ambos estímulos eran enseñados (condición *a*); (4) ninguno de los estímulos era mostrado (condición *n*). El estímulo visual señalaba a los primates cuál lado estaba cebado y ellos debían revisar solamente las recamaras con la recompensa. Si los sujetos intentaban abrir las puertas que no contenían alimento entonces el ensayo se terminaba. Cabe señalar que durante las primeras 10 sesiones de entrenamiento los errores cometidos no eran repetidos y tampoco se penalizó el hecho de buscar comida en los lados donde el estímulo visual no había sido mostrado. Adicionalmente, ambas puertas se podían abrir sin importar la condición y los primates tenían 12 segundos para abrir ambas puertas durante la condición *a*. A partir de la sesión número 11 se introdujeron algunos cambios en el procedimiento de entrenamiento con el fin de acelerar el ritmo de aprendizaje. Así, pues, los errores eran repetidos hasta que los sujetos acertaran y si intentaban abrir un lado sin cebo entonces ambas puertas eran bloqueadas, finalizando de esa manera con el ensayo. Cuando se trataba de las condiciones *d* e *i* esta vez sólo se podía abrir la puerta que contenía el cebo. En la condición *a* ambas luces permanecían encendidas hasta que las dos puertas eran abiertas por el sujeto. Los anteriores cambios fueron introducidos con la única finalidad de evitar que los sujetos obtuvieran comida aun cuando cometieran errores. En tal caso, cometer errores constantemente les hubiera asegurado un suministro casi ilimitado de comida evitando de esa manera que aprendieran. A pesar de los cambios introducidos en el procedimiento de entrenamiento, dos sujetos no consiguieron alcanzar el criterio para pasar a la fase de prueba (generar 80% de respuestas correctas en dos sesiones consecutivas) antes de la sesión número 20 del entrenamiento. Para ellos aplicamos las siguientes modificaciones al procedimiento de entrenamiento: en el caso de la condición *a* si no abrían ambas puertas repetíamos el

ensayo hasta que lo consiguieran. Los sujetos tenían 5 segundos adicionales después de que la primera puerta había sido abierta y cerrada en las condiciones *a*, *d* e *i*. El orden de los ensayos fue pseudo-randomizado en cada sesión. Se aplicaron 24 ensayos por sesión, 6 bloques de 4 ensayos (uno de cada condición). El orden de los ensayos dentro de cada bloque de 4 fue randomizado.

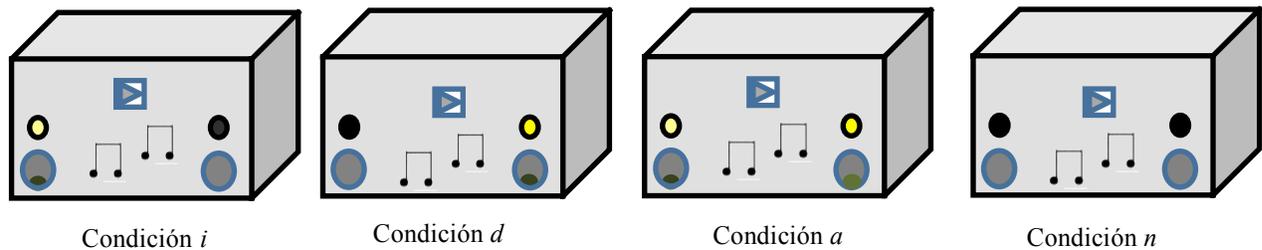


Imagen 2

Para la fase de prueba definimos dos condiciones (ver imagen 3): (1) un lado era ocluido con una placa opaca mientras que el estímulo visual en el otro lado era mostrado (condición *tl*); (2) un lado era ocluido, otra vez con una placa opaca, mientras que el estímulo visual del otro lado no era mostrado (condición *tn*). Durante la fase de prueba no hubo reforzamiento diferencial, esto es, ambos lados habían sido cebados. Los ensayos de prueba fueron intercalados con ensayos de entrenamiento. Cada individuo recibió 4 sesiones y cada una de ellas consistía de 3 bloques de 6 ensayos cada uno (4 ensayos de entrenamiento, 2 ensayos de prueba). En total fueron 72 ensayos por individuo en la fase de prueba (12 ensayos por condición en total).

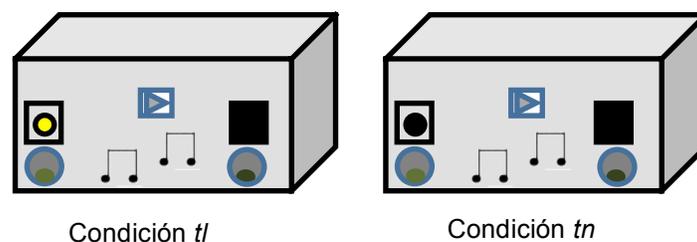


Imagen 3

En cuanto al comportamiento de los primates durante la fase de prueba, hicimos dos predicciones cruciales (ver imagen 4). La primera de ellas era que si los primates reconocían las ambigüedades que se planteaban en el experimento entonces tratarían la condición *t/* de manera similar a como trataban la condición *a*, esto es, revisarían tanto el lado donde aparecía el estímulo visual como el lado ocluido. Así, pues, el lado ocluido sería tratado como un caso en el que el estímulo visual estaría presente pero no lo podrían ver. En la misma línea, nuestra segunda predicción era que los primates reaccionarían ante la condición *tn* de la misma manera en que reaccionaban a las condiciones *d/i*, esto es, revisarían sólo el lado ocluido pues éste era el que planteaba la ambigüedad.

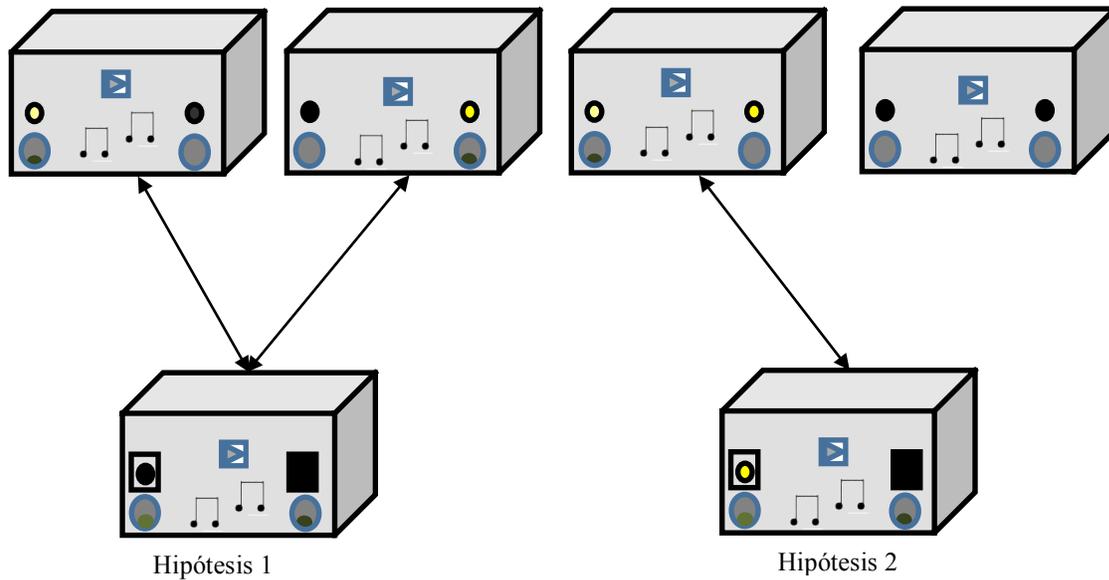


Imagen 4

Con el fin de confirmar si en efecto nuestras dos predicciones eran correctas, analizamos los datos obtenidos en nuestro experimento haciendo varias comparaciones entre los resultados obtenidos en cada una de las condiciones. Primero, comparamos el porcentaje de veces que los sujetos abrían las dos puertas corredizas durante un ensayo, esto es, cuantas veces durante una misma sesión los sujetos buscaron comida en ambos lados. En este caso se buscó comparar la condición *tl* con la condición *a*. Esta comparación nos permitió establecer si los sujetos trataban la condición *tl* de la misma manera en que trataban la condición *a* buscando comida en ambos lados. Posteriormente, comparamos la condición *tn* con las condiciones *d* e *i*. Esta nueva comparación, a su vez, nos permitió determinar cuántas veces, en las tres condiciones, los sujetos abrieron las dos puertas dentro de una misma sesión. Los resultados de los anteriores análisis revelaron que, en primer lugar, no hay diferencia significativa entre las condiciones *a* y *tl* (Ver imagen 5). En lo que respecta a las condiciones *tn*, *d* e *i* el análisis mostró que la tendencia de los primates a abrir ambas puertas era menor que

en las condiciones *b* y *tl*. Sin embargo, encontramos una diferencia estadísticamente significativa entre las condiciones *d/i* y la condición *tn*: los sujetos tendían a abrir ambas puertas más veces en la condición *tn* que en las condiciones *d/i*. Un análisis posterior de los datos reveló que en este caso había un efecto entre las sesiones. Así, pues, se encontró que en la primera sesión no había diferencia significativa entre las condiciones *d/i* y la condición *tn*. Una posible explicación de este efecto es que los primates habrían aprendido, en algún momento entre la primera y segunda sesión, que ambos lados estaban cebados y que, por tanto, era posible encontrar comida en ellos. A partir de este descubrimiento habrían empezado a buscar comida en los dos lados.

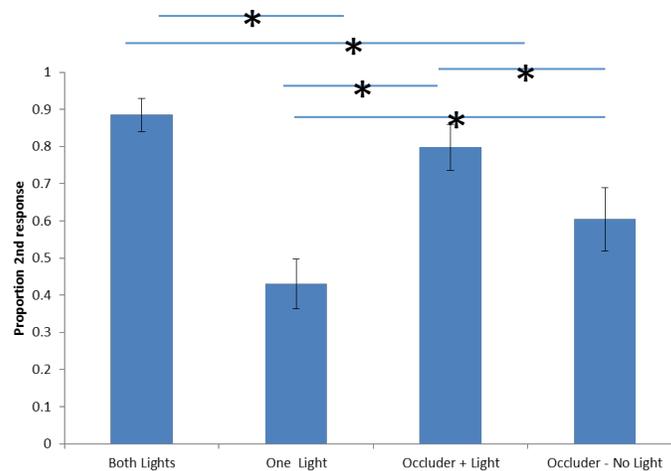


Imagen 5

Un segundo análisis buscaba determinar el porcentaje de veces que los primates abrieron una de las puertas en las condiciones *tn* y *n* (ver imagen 6). Adicionalmente, para el caso de la condición *tn* se determinó el porcentaje de veces que los primates

preferían el lado ocluido sobre el lado descubierto. Se encontró una diferencia significativa entre estos dos porcentajes. Este resultado revela que cuando se les planteaba la condición *tn* los sujetos abrían, la mayoría de las veces, el lado cubierto por la placa de plástico. También se encontró que no había diferencia significativa entre el porcentaje de veces que los sujetos preferían el lado sin ocluir y las veces que los sujetos abrían alguna de las puertas en la condición *n*. Cabe señalar que el porcentaje de veces que los primates abrieron una de las puertas en la condición *n* fue calculado teniendo en cuenta la probabilidad de que abrieran cualquiera de las dos puertas.

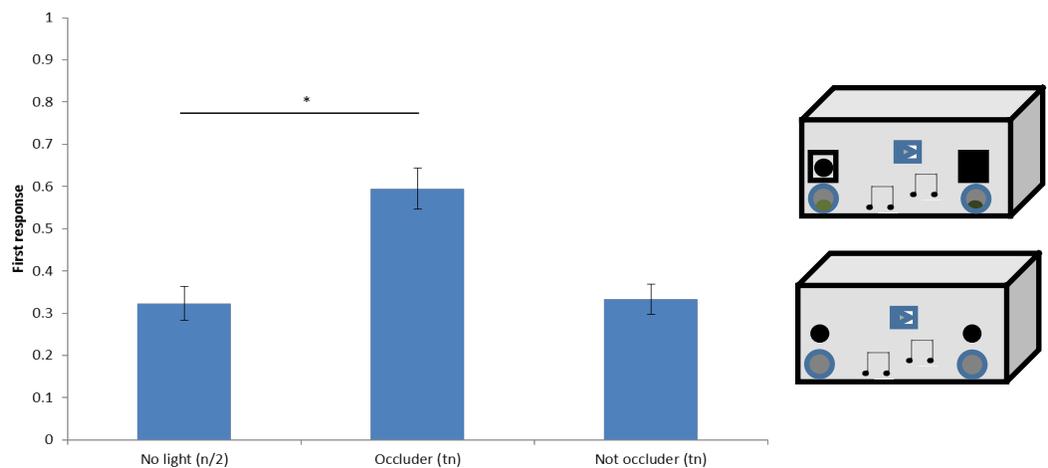
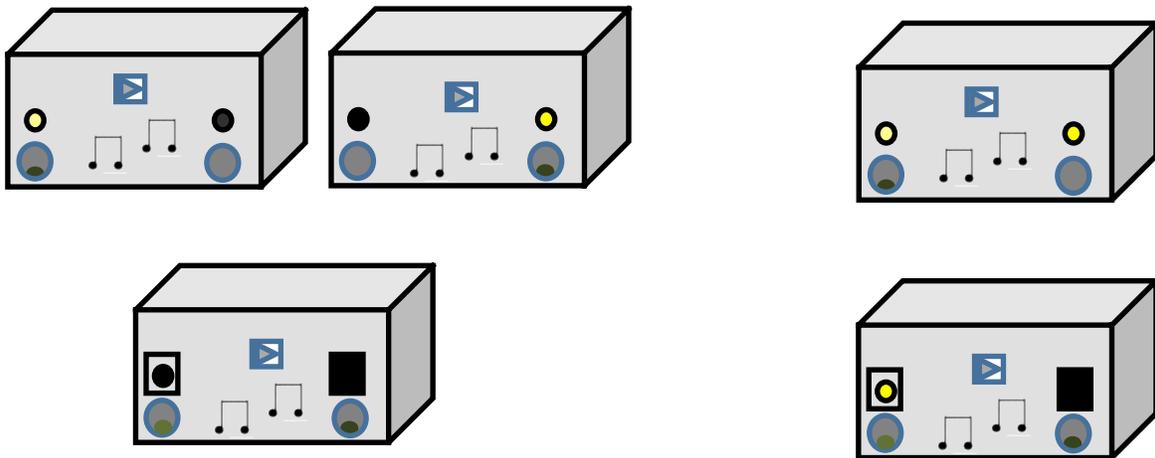


Imagen 6

Basados en los anteriores análisis llegamos a dos conclusiones importantes (ver imagen 7). La primera de ellas es que los primates en nuestro estudio reaccionaron a la condición *tn* de manera muy similar a como lo hicieron en las condiciones *r* y *l*, esto es, la mayoría de las veces abrían tan sólo una de las puertas y para el caso de la

condición *tn* dicha respuesta correspondió, la mayoría de las veces, al lado ocluido. Estos resultados permitirían comprobar una de las hipótesis iniciales, a saber: que los sujetos de nuestro experimento tratan el lado ocluido como un caso en el que el estímulo estaría presente pero no lo pueden ver. Adicionalmente, dado que los primates también reaccionaron de manera similar a las condiciones *t/* y *a* buscando comida en las dos puertas podemos concluir que en este caso también fueron capaces de reconocer la ambigüedad que les planteaba el lado ocluido.



Conclusión 1

Conclusion 2

Imagen 7

Una posible objeción a la conclusión de que los primates, al igual que las ratas, son sensibles a los casos de ambigüedad es que su comportamiento se explica, más bien, como un caso de sensibilidad a los cambios contextuales. Así, de acuerdo con esta

explicación de corte asociacionista, la tendencia de los primates a buscar comida en los lados ocluidos puede ser interpretada como una respuesta al cambio que significa cubrir la fuente del estímulo visual con una placa opaca. Esta explicación no requiere la atribución de representaciones sofisticadas a los animales pues tan sólo implica la capacidad para detectar perceptualmente cambios en el ambiente, los cuales a su vez desencadenan respuestas de búsqueda en los animales.

Sin embargo, la anterior explicación parece ser demasiado general en el sentido de que no hace predicciones claras sobre qué cuenta cómo un cambio contextual significativo. Adicionalmente, en nuestro experimento se intentó minimizar los cambios contextuales. Así, desde el comienzo de la fase de entrenamiento se dejó a la vista de los primates las placas opacas que posteriormente, en la fase de prueba, servirían para cubrir las fuentes de los estímulos visuales. De esta manera, se intentó familiarizar a los primates con la presencia de las placas.

Manipulación de herramientas: evidencia conductual

Ahora abordaremos de manera sucinta la evidencia disponible referente al uso de herramientas en animales no humanos. Como mencionamos en las primeras páginas del presente acápite, son numerosas las especies animales que han demostrado, ya sea en el laboratorio o en sus medios naturales, algún nivel de capacidad para manipular herramientas de manera flexible. En lo que sigue me centraré en dos casos paradigmáticos del uso de herramientas en animales no humanos: primates y córvidos. La evidencia disponible nos permite establecer más allá de toda duda razonable que los miembros de estos dos grupos usan espontáneamente diferentes clases de herramientas para resolver diversos tipos de problemas. En este sentido, es claro que tanto primates como córvidos son lo que Call (2013) llama usuarios creativos de herramientas: “Individuals are not only able to use old solutions to solve novel problems but also can generate new solutions for old problems when the original solutions no

longer work, or even produce new solutions for novel problems.” (p. 5)

Ahora bien, todo uso de herramientas implica, en primer lugar, la manipulación externa y directa de un objeto con el fin de alterar de manera más eficiente la forma, posición o condición de otro objeto, organismo o del usuario mismo (Shumaker *et al.*, 2011). El usuario de una herramienta es, en este sentido, un agente intencional que en virtud del control ejercido sobre el objeto manipulado resulta responsable directamente de las modificaciones producidas en su entorno. Para ilustrar este punto, consideremos primero el caso de los monos capuchinos (*Cepus*), citados frecuentemente en la literatura especializada como un caso paradigmático de animales no humanos capaces de emplear herramientas. De entre los muchos modos de usos de herramientas exhibidos por los monos capuchinos destacaremos tres: arrojar, martillar y alcanzar.

Arrojar objetos es reconocido como un comportamiento usual entre los monos capuchinos, el cual no parece hallarse restringido a poblaciones o grupos específicos (Shumaker *et al.*, 2011). Uno de los primeros reportes de este comportamiento lo provee el propio Romanes. El naturalista inglés narra que tras comprar un mono capuchino y mantenerlo en cautiverio en casa de su hermana el animal comenzó a arrojar objetos a los habitantes de la casa. El mono pronto se dio cuenta de que si arrojaba los objetos desde el suelo, como lo venía haciendo, éstos sólo alcanzarían los pies de los intrusos que buscaba ahuyentar. Para conseguir que sus lanzamientos fueran más efectivos, el mono comenzó a trepar sobre los muebles de la casa de tal forma que ahora sus lanzamientos no sólo tenían mayor alcance sino que además resultaban más precisos. Numerosos experimentos confirman la extraordinaria habilidad de los monos capuchinos, señalada anecdóticamente por Romanes, para realizar lanzamientos dirigidos. En una serie de estudios, Westergaard y colaboradores (1994, 1995, 1997, 2000) buscaron determinar el grado de precisión que alcanzaban los monos capuchinos cuando arrojaban rocas a un contenedor lleno de mantequilla de maní o jarabe dulce. Las rocas arrojadas exitosamente dentro del contenedor fueron

devueltas por un experimentador a los monos que las habían lanzado originalmente. Tras conseguir la recompensa, los monos demostraron rápidamente su capacidad para hacer lanzamientos dirigidos con precisión. Por ejemplo, los sujetos acertaron la mayoría de las veces cuando el contenedor se encontraba a una distancia no mayor de 60 cms o cuando el mismo contenedor se encontraba situado junto a otro contenedor vacío. Más diciente fue el hallazgo de que aún cuando uno de los blancos se encontraba en movimiento los monos eran capaces de acertar en sus lanzamientos la mayoría de las veces. Como pudieron corroborar Westergaard y colaboradores, los lanzamientos eran más efectivos cuando los monos usaban rocas que habían escogido y usado en el pasado. Adicionalmente, numerosos estudios de campo señalan que los monos capuchinos arrojan una gran variedad de objetos, como ramas, plantas y frutas de gran tamaño, a animales que usualmente son percibidos como una amenaza (coatíes, hurones, didélfidos y monos arañas) (Boinski, 1988; Chevalier-Skolnikoff, 1990; Gibson) e incluso a otros congéneres, especialmente en contextos de juego (Chevalier-Skolnikoff, 1989).

Otro de los comportamientos mejor estudiados en los monos capuchinos es el de martillar. Este comportamiento, al igual que arrojar, se ha registrado en numerosas poblaciones y grupos no relacionados geográficamente entre sí y ocurre principalmente en contextos de forrajeo extractivo (Shumaker *et al.* 2011). Por lo general involucra una piedra que es usada a manera de martillo aunque también se ha registrado el uso de elementos adicionales, como una segunda roca que los monos usan como soporte para asegurar que el objeto a romper no se mueva mientras se le martilla (de Resende & Ottoni, 2002; Fragaszy *et al.*, 2004; Langguth & Alonso, 1997; Ottoni & Mannu, 2001; Fragaszy *et al.*, 2004). Cuando la situación lo requiere, los monos emplean un tercer objeto, por lo general otra roca o una rama, que ubican entre el objeto a romper y el martillo (Westergaard *et al.*, 1996). Además de abrir nueces, se ha observado que los monos martillan frutas de cascara dura así como semillas, tubérculos y algunos tipos de

cactus (Moura & Lee, 2004). No menos interesante es el hecho de que los elementos empleados son seleccionados de antemano por sus usuarios. Así pues, se ha encontrado que los monos se basan en el peso y el material del que está hecho un objeto para decidir si lo usan o no como herramienta (Visalberghi *et al.*, 2009). Para ello primero lo inspeccionan a través del tacto o la vista, y cuando tal inspección no es posible los monos manipulan o tocan el objeto antes de tomar una decisión. Se ha observado que los monos prefieren aquellos elementos que parecen muy pesados, reportándose por ejemplo que las rocas empleadas para martillar pueden pesar entre el 25 y 40 por ciento del peso del cuerpo del usuario (Visalberghi *et al.*, 2007). Si bien en su medio natural los elementos que pueden usar como martillos son por lo general rocas del peso apropiado, en cautiverio las herramientas empleadas incluyen casi cualquier objeto pesado que los monos tengan a mano y que sea manipulable.

En lo que respecta a alcanzar, los monos capuchinos también han demostrado gran habilidad. En primer lugar, hay registros de individuos en cautiverio que usan regularmente herramientas como palos o ramas para acicalarse a sí mismos alcanzando de esa manera lugares de su cuerpo que generalmente son inaccesibles con sus extremidades (Giudice & Pavé, 2007; Ritchie & Fragaszy, 1988; Westergaard & Fragaszy, 1987). El uso de herramientas para alcanzar incentivos que de otra forma serían inaccesibles constituye un paradigma clásico en los estudios de laboratorio con primates no humanos (Shumaker *et al.*, 2011). En el caso de los monos capuchinos, numerosos estudios dan cuenta de su capacidad para emplear diversos objetos que les permiten alcanzar incentivos fuera de sus jaulas (Chevalier-Skolnikoff, 1989; Giudice & Pavé, 2007). En algunos de esos estudios, los sujetos tenían que elegir entre herramientas que se encontraban fuera del campo visual dentro del cual se podía percibir el incentivo a recuperar. Incluso, los monos debían recuperar primero palos que si bien no tenían la longitud suficiente para alcanzar el incentivo sí les permitían alcanzar otras herramientas del tamaño adecuado (Shumaker *et al.*, 2011). La habilidad

para alcanzar incentivos empleando objetos como varas y palos parece emerger en los monos capuchinos a una edad tan temprana como los 17 meses.

De entre los primates no humanos, otra especie ampliamente conocida por su habilidad para emplear herramientas es la de los *Pongo abelii* (Orangutanes). Al igual que los monos capuchinos, los orangutanes, ya sea en libertad o cautiverio, han demostrado ampliamente que son capaces de emplear diversos elementos para alcanzar objetos que de otra forma serían inaccesibles. En libertad, por ejemplo, se ha visto a los orangutanes de la isla Kaja, en Borneo, emplear herramientas para explorar el fondo de un estanque en busca de objetos hundidos, recuperar objetos que flotaban sobre el agua y evaluar la profundidad del estanque (Russon *et al.*, 2010). Un orangután de la isla referida fue observado usando una rama para extraer del agua un anzuelo con un pescado (Schuster *et al.*, 2008). En cautiverio, estudios experimentales como el de Mulcahy, Call & Dunbar (2005) ofrecen una visión sistemática del uso de herramientas en orangutanes. En dicho estudio, los autores investigaron si los orangutanes “were able to select tools of an appropriate length to reach the reward when the position of the reward and the length of the tool were not simultaneously visible and whether subjects would refuse to attempt to use tools that were too short.” (p. 24). Adicionalmente, se buscó determinar si los orangutanes eran capaces de usar varias herramientas en el orden apropiado para recuperar un incentivo. La idea era que los sujetos debían usar primero una de las herramientas para conseguir otra más larga cuando la situación lo requiriese. Sin embargo, en algunas ocasiones la primera herramienta era lo suficientemente larga como para alcanzar la recompensa por lo que en ese caso los sujetos debían decidir si elegían la otra herramienta (más corta) o usaban la que tenían a mano. Se encontró que los sujetos determinaban correctamente cuando era necesario conseguir la segunda herramienta y cuando no. En cuanto a la capacidad para elegir la herramienta apropiada aun cuando ni ésta ni la recompensa eran visibles se encontró que los sujetos tampoco tenían problemas para elegir

correctamente entre diferentes alternativas. Igual de diciente fue el hallazgo, hecho por Mulcahy & Call (2006), de que los orangutanes son capaces de determinar con precisión cuál herramienta es más adecuada para resolver cierto tipo de tarea. Así, pues, enfrentados a diferentes clases de herramientas un grupo de orangutanes eligió de entre ellas la más apropiada para alcanzar una botella de jugo que colgaba suspendida de una cuerda.

Adicionalmente, los orangutanes también son reconocidos por su habilidad para mover o reposicionar objetos de tal forma que su rango de acción en el espacio se ve ampliado. Al respecto, lo primero que pueden hacer es apuntalar objetos de tamaño medio sobre otros objetos o superficies. Una vez los objetos se encuentran en su nueva posición los orangutanes pueden escalarlos para aumentar su radio de acción. Por ejemplo, según Lethmate (1982) cierto orangután en cautiverio pudo alcanzar las ramas de un árbol gracias a que fue capaz de trepar sobre una caja que previamente había movido desde su posición inicial 12 metros. Posteriormente, el mismo individuo arrastró la caja otros 7 metros mientras sostenía un gancho que usó para alcanzar una casa de pájaros que colgaba sobre la pared. Lethmate (1977) también se refiere a un orangután en cautiverio que fue capaz de apilar hasta cuatro cajas para formar una torre que luego escaló para alcanzar un incentivo que colgaba de una cuerda. En ocasiones, los orangutanes pueden apuntalar y escalar objetos con propósitos diferentes a los de alcanzar comida. Shumaker fue testigo de un particular intento de fuga por parte de los orangutanes del Zoológico Nacional Smithsoniano (Shumaker *et al.*, 2011). Para escalar los muros de su jaula los orangutanes fugitivos apilaron dos barriles de plástico que usaron como escalera. Los cuidadores del zoológico pronto se dieron cuenta de la trama y los animales fueron devueltos a su encerramiento. Los orangutanes también son reconocidos por usar objetos flotantes para cruzar cuerpos de agua (Shumaker *et al.*, 2011). En condiciones de libertad o semi-libertad se les ha visto usar como transportes elementos tan precarios como trozos de madera que flotan sobre el agua e

incluso embarcaciones pequeñas construidas por el hombre como canoas, botes y balsas de madera. Para dirigir y propulsar esas embarcaciones los orangutanes suelen usar diversos elementos como ramas, varas o palos e incluso sus propias extremidades anteriores. En ningún caso se les ha visto usar remos (Shumaker *et al.*, 2011). Cuando los cuerpos de agua que deben cruzar son pequeños los orangutanes construyen puentes con árboles y ramas que doblan o arrancan y que sobreponen unos sobre otros.

Finalmente, de entre todas las especies de primates no humanos la que más destacada por su uso prolífico e innovador de herramientas es la de los chimpancés. Si bien esta notoriedad puede deberse al estudio exhaustivo de su comportamiento, llevado a cabo en numerosos laboratorios y santuarios al rededor del mundo, lo cierto es que los chimpancés “show the greatest frequency and diversity of tool behavior of any non-human animal” (Beck, 1980:79). Al igual que con los monos capuchinos, a continuación describiré brevemente tres modos de uso de herramientas en chimpancés: arrojar, martillar y alcanzar. En lo que respecta al primero, arrojar, la literatura científica es generosa en ejemplos. Este comportamiento se ha registrado en todas las poblaciones de chimpancés y se puede llevar a cabo apuntando o no (J. Goodall 1986). Arrojar objetos sin apuntar ha sido observado especialmente durante las exhibiciones de fuerza realizadas por los machos de la especie aunque también se ha registrado en otros contextos, amenazantes la mayoría, como cuando inicia una tormenta, en la presencia de un leopardo falso, cuando los chimpancés escuchan vocalizaciones de otros chimpancés, de babuinos, de un cabra o de una mangosta (Boesch & Boesch, 1990). Así mismo, es usual ver chimpancés arrojando objetos mientras juegan (van Lawick-Goodall, 1968). Cuando se apunta, el blanco de los lanzamientos suelen ser otros miembros de la especie, especialmente durante agresiones entre machos. “Several authors noted that the missiles were of sufficient size and Throw with sufficient velocity and accuracy to cause injury or at least discomfort” (Shumaker *et al.*, 2011:

156). Un grupo de machos jóvenes del Parque Nacional de los Montes Mahale en Tanzania fue observado arrojando ramas a otros congéneres, especialmente hembras en lo que fue considerado como un caso de acoso. Los chimpancés del mismo parque también fueron vistos arrojando piedras al agua; para ello los machos adultos, que se levantaban bípedamente, levantaban las rocas más pesadas con ambas manos, apuntaban y las arrojaban al cañón (Nishida *et al.*, 2003). Numerosos autores han señalado que los chimpancés arrojan diversos objetos a sus congéneres mientras juegan. Miembros de otras especies animales también pueden ser blancos de los objetos lanzados por los chimpancés en su medio natural. Por ejemplo, los chimpancés de ciertas zonas de África arrojan con frecuencia objetos a los papiones que encuentran en su camino (Goodall, 1986). Así mismo, se les ha visto lanzar palos, ramas, rocas y otros objetos de tamaño medio a seres humanos, leopardos y leones (Boesch, 1991; Goodall, 1986; Watts, 2008). Se ha reportado que los chimpancés del parque nacional Kasokwa, en Uganda, luego de saquear las plantaciones de maíz, cargan consigo rocas para defenderse en caso de ser atacados por humanos (Kyamanywa, 2000). Otra forma de arrojar apuntando consiste en escupir agua a otros congéneres e incluso a humanos que tienen algún tipo de interacción cercana con los chimpancés.

Los chimpancés son tan hábiles como los monos capuchinos en lo que a martillar se refiere. Sin embargo, los chimpancés del Este de África exhiben variaciones entre poblaciones en términos de las especies de nueces que rompen así como en las propiedades de las rocas que emplean para martillar (Sugiyama, 1989). Por ejemplo, en el bosque Sapo, en Liberia, hay registro de que las poblaciones que allí habitan usan martillos para romper los frutos de cuatro árboles diferentes: la nuez de Gabón (*C. edulus*); *Panda oleosa*; la ciruela de Guinea (*Parinari excelsa*); y el fruto producido por el árbol *Sacoglottis gabonensis* (Anderson *et al.* 1983). Las mismas poblaciones de primates exhiben diferencias en el tipo de elementos que usan para martillar: mientras que en el 71% de los casos de martilleo se empleó una roca como soporte en el resto

de los casos el elemento utilizado como yunque correspondió a alguna raíz de un árbol cercano. También en Liberia, los chimpancés suelen romper nueces de palma de aceite (Hannah & McGrew, 1987). En el bosque Tãï, en Costa de Marfil, los científicos han estudiado sistemáticamente las poblaciones de chimpancés por al menos 4 décadas. Allí han encontrado que los chimpancés además de usar rocas de diferentes tamaños como martillos también emplean ramas y varas para romper la cubierta de frutos y nueces (Boesch & Boesch-Achermann, 2000; Boesch & Boesch, 1983). Los chimpancés también usan diferentes tipos de yunques dependiendo de la clase de nuez que quieren romper: para las nueces de kola (*Coula*) emplean soportes ubicados en el suelo (raíces o afloramientos rocosos) o las ramas del mismo árbol de kola. En el caso de las nueces del árbol de *Panda* los chimpancés prefieren usar yunques sobre el suelo de la clase ya mencionada. Además de la *Coula edulis* y la *Panda oleosa* los chimpancés del bosque Tãï rompen otros tipos de nueces como la *Detarium senegalense*, *Parinari excelsa*, *Sacoglottis gabonensis*, las cuales difieren en propiedades como la dureza de su cascara o el tipo de áreas geográficas en las que es posible encontrarlas. En comparación a los martillos empleados en el bosque Tãï, los martillos que emplean los chimpancés de Bossou, en Guinea, son más pequeños y tienden a ser de piedra (Sakura & Matsuzawa, 1991). Esta diferencia se explica, en parte, por el hecho de que las nueces disponibles en Bossou son mucho más suaves y fáciles de romper que las nueces de cola o las nueces *Panda*. Adicionalmente, las raíces que se encuentran en esa parte de África parecen ser inadecuadas para la tarea de soportar nueces. También en Bossou los primatólogos han encontrado una interesante variación del comportamiento de martillar, la cual consiste en emplear el pecíolo o tallo de las hojas de la palma de aceite como martillos o manos de mortero para extraer los nutrientes que se encuentran en la corona de la misma palma (Humble & Matsuzawa, 2004, 2009). Para ello, los primates primero remueven de la corona de la palma aquellas hojas maduras revelando de esa manera los brotes o retoños más jóvenes ubicados en el centro. Éstos son a su vez removidos por los primates. Luego,

usando alguno de los pecíolos más maduros y grandes, martillan hasta aumentar y hacer más profundo el hoyo permitiéndoles introducir uno de sus brazos en él. De esa manera logran extraer la vegetación fibrosa y jugosa dentro de la corona que de otra manera sería inaccesible.

Como se mencionó más arriba el uso de objetos elongados para alcanzar incentivos que de otra manera serían inaccesibles constituye uno de los paradigmas clásicos de investigación con primates no- humanos. El primero en estudiar de manera sistemática dicha habilidad en chimpancés fue Wolfgang Köhler (1917/1925) a principios del siglo pasado. Las investigaciones de Köhler se llevaron a cabo en la estación primatológica de Tenerife en España. Allí, el científico de origen alemán situaba diversos incentivos fuera del alcance de los chimpancés y luego les suministraba varas, ramas y otros tipos de elementos con las cuales los sujetos podían alcanzar la comida. Los sujetos no tenían ningún problema para alcanzar los incentivos, ubicados fuera de su jaula. Igual de importante fue la observación hecha por Köhler de que los chimpancés de la estación también empleaban varas para explorar objetos o cuerpos de animales que percibían como peligrosos y que, por tanto, evitaban tocar directamente. Entre los animales que los chimpancés preferían explorar a distancia se encontraban lagartijas, ratones así como otros objetos de apariencia inusual. Los chimpancés también muestran un buen desempeño en aquellas tareas donde han de elegir, entre múltiples alternativas, aquella herramienta que mejor cumple el propósito de alcanzar un objeto situado a cierta distancia. La capacidad para alcanzar objetos e incentivos usando herramientas sólo parece emerger en aquellos individuos que han tenido la oportunidad de jugar libremente con varas cuando eran más pequeños. “Age, social history, and richness of the rearing environment” (p. 115) son factores que tienen influencia en el desempeño de los individuos de la especie a la hora de emplear herramientas de manera espontánea (Shumaker *et al.* 2011). En condiciones de libertad y semi-libertad los chimpancés también usan diferentes clases de herramientas como

por ejemplo tallos, hojas alargadas de césped y ramas. Los contextos donde se emplean dichas herramientas también suelen variar. Se han registrado casos de usos de herramientas en situaciones de juego donde, por ejemplo, un macho joven arrojaba agua a sus congéneres con una hoja que empleaba como esponja. Los chimpancés también parecen usar la información sensorial que consiguen al alcanzar objetos a la distancia. Por ejemplo, Albrecht y Dunnet (1971) citan el caso de un grupo de chimpancés olfateando el extremo de un palo con el cual habían tocado un leopardo falso. J. Goodall (1986) ofrece una lista detallada de casos donde diferentes individuos alcanzaban objetos con varas para luego olfatear el extremo que estuvo en contacto con el objeto. Los chimpancés de Bossou picaban los rastros dejados por diferentes animales en el suelo y luego olfateaban la vara que habían usado para ello. Se cree que de esta manera reconocían al animal que había dejado el rastro.

Finalmente, describiré algunas de las habilidades exhibidas por los córvidos para emplear herramientas de manera espontánea. Quizás la especie más estudiada de dicha familia de aves sea la de los cuervos. Gavin Hunt (1996) diseñó un experimento en el cual los cuervos de Nueva Caledonia tenían que extraer larvas del escarabajo de cuerno largo de una serie de hoyos hechos en la madera muerta. Numerosos individuos fueron vistos usando tallos de hojas para extraer los incentivos. Las herramientas empleadas eran seleccionadas de entre los desechos de vegetación al rededor del trozo de madera que contenía la larva y por lo general eran menos flexibles y más secos que los tallos frescos. Hunt también vio a una de las aves utilizando un trozo de corteza para alcanzar la larva. El trozo era sostenido con el pico y el cuervo lo movía de arriba a abajo hasta que la larva se aferró a la herramienta con sus mandíbulas. En otro estudio experimental, Taylor *et al.* (2009) pusieron a prueba la capacidad de un grupo de 6 cuervos para resolver la tarea del tubo con trampa. En esta tarea, los sujetos deben introducir un objeto elongado, generalmente una vara con forma de gancho, en un tubo horizontal y recuperar un incentivo colocado dentro del tubo. Para ello los

pájaros debían evitar sacar la comida por el lado donde hay una trampa en la cual se puede perder el incentivo. Tres pájaros lograron recuperar la comida sin problemas. Dichos cuervos fueron capaces de usar herramientas para resolver diversas variaciones de la misma tarea y estuvieron atentos a la trampa cuando el mismo problema fue presentado en una mesa. Igual de interesante fue el descubrimiento de que incluso cuervos sin experiencia previa con herramientas pueden aprender a usar una vara para recuperar la comida dispuesta en el fondo de un tubo orientado verticalmente. En cuanto a la capacidad de los cuervos para seleccionar herramientas, Chapell y Kacelnik (2004) llevaron a cabo una serie de experimentos con dos cuervos de Nueva Caledonia donde éstos debían elegir aquellas herramientas cuyas longitudes y diámetros fueran los más adecuados para recuperar un incentivo dentro de un tubo. El tubo tenía hoyos de diferente diámetro por lo que no todas las herramientas servían para recuperar la comida. Igualmente como la comida había sido ubicada a cierta distancia de la entrada del tubo los cuervos debían elegir aquellas herramientas con la longitud adecuada para alcanzar la comida. Se encontró que, por una parte, los cuervos preferían las herramientas más delgadas cuando se trataba de recuperar la comida a través de los hoyos. Además, ambos cuervos seleccionaron las herramientas cuya longitud coincidía con la distancia a la cual había sido dispuesta la comida desde la boca del tubo (Chapell & Kacelnik, 2004). Otras especies de cuervos también han demostrado algún nivel de habilidad para alcanzar incentivos usando herramientas (Shumaker *et al.* 2011).

Capítulo IV

Cognición y representaciones causales en animales no humanos

En el capítulo precedente examinamos la evidencia empírica relativa al aprendizaje causal en animales no humanos. Por una parte, algunas especies, especialmente primates, emplean herramientas para resolver una gran variedad de problemas tanto en sus medios naturales como en situaciones artificiales creadas por el ser humano. Vimos, por otra parte, que mamíferos, como las ratas, son capaces de aprender sobre relaciones causales.

Si bien la evidencia disponible no deja lugar a dudas acerca de la capacidad de algunos animales para detectar regularidades causales, en la actualidad hay un álgido debate entre los psicólogos comparados sobre cuáles son los mecanismos y procesos cognitivos que subyacen a dicha habilidad en especies diferentes de la nuestra. En particular, se suele discutir si el uso de herramientas implica complejidad cognitiva. Este debate será abordado en la primera parte del presente capítulo. Posteriormente, presentaré evidencia reciente de que los animales muestran flexibilidad cognitiva cuando manipulan herramientas, al punto que planifican sus acciones y ajustan sus movimientos a las propiedades de las herramientas que tienen a mano. En la última parte propondré un marco normativo para entender las representaciones mentales de relaciones causales en animales no humanos. Veremos que hay un tipo de mecanismos cognitivos, los llamados modelos internos de control motriz, que se ajustan a dicho marco normativo.

Por lo anterior, en el presente capítulo analizaremos los siguientes temas:

- (1) El debate contemporáneo sobre la cognición causal en la psicología comparada.
- (2) Evidencia reciente de la flexibilidad en el uso de herramientas por parte algunos

animales.

(3) Marco normativo para la cognición causal en animales no humanos.

(4) Representaciones mentales de relaciones causales en animales no humanos.

El debate contemporáneo sobre la cognición causal en la psicología comparada

En el capítulo precedente vimos que animales de diversos taxones son capaces de detectar regularidades causales que encuentran en su entorno. Sin embargo, una cuestión que permanece sin respuesta hasta la fecha es hasta qué punto los mecanismos y procesos involucrados en la cognición causal son compartidos por las especies animales capaces de sacar ventaja de la estructura causal del mundo. Así, mientras ciertos mecanismos cognitivos, como el aprendizaje asociativo, son comunes a lo largo del reino animal, otros podrían estar limitados a un grupo de especies o incluso a una sola (Macphail, 1982). Esta es, precisamente, la forma que adopta el debate contemporáneo sobre la continuidad psicológica entre las especies.

Tradicionalmente los psicólogos comparados habían enfocado parte de sus esfuerzos en descubrir cuál era la mejor manera de caracterizar a los sistemas cognitivos de los animales no humanos. Al respecto solían darse dos respuestas antagónicas.³³ Por una parte, se pensaba de manera generalizada que la cognición causal en animales no humanos consistía simplemente en el aprendizaje de correlaciones, el cual estaría basado en mecanismos y procesos asociacionistas similares a los mecanismos que gobiernan al condicionamiento pavloviano (Pearce & Bouton, 2001; Shanks, 1995; Wasserman & Miller, 1997). En franca oposición a esta postura, algunos psicólogos comparativos sostenían que los animales poseen representaciones simbólicas y que, por ende, son capaces, al igual que los humanos, de hacer inferencias lógicas sobre relaciones causales (Call, 2004; Beckers *et al.*, 2006).

Hoy en día, sin embargo, el debate en psicología comparada sobre la cognición causal suele plantearse en términos ligeramente diferentes. Principalmente, porque casi nadie cuestionaría que los animales no humanos sean capaces de producir representaciones de relaciones causales (Povinelli & Penn, 2011; Rescorla, 1979). Más

³³ Véase el capítulo 2 de la presente monografía

bien, lo que está en discusión es la cuestión relativa a la naturaleza de los contenidos de las representaciones causales. Como veremos, en este caso también habría dos escuelas de pensamiento antagónicas, una de ellas heredera de la tradición asociacionista y, la otra, de la tradición inferencialista. En relación con la primera, tenemos lo que podría denominarse como visión minimalista de las representaciones mentales. De acuerdo con esta postura, la resolución de problemas y el uso de herramientas en animales no humanos involucraría representaciones de relaciones causales que, en lo que atañe a su contenido, son más simples que las representaciones mentales desplegadas por los seres humanos en las mismas circunstancias. Así, mientras los humanos podemos inferir, a partir del peso y la rigidez de las herramientas disponibles, cuál es la herramienta más adecuada para romper una nuez, los animales no humanos sólo tendrían la capacidad de resolver el mismo problema aprendiendo, a través de ensayo y error, que sólo ciertas rocas con ciertas propiedades observables pueden romper el caparazón de la nuez (Povinelli & Penn, 2011). En oposición a esta postura, algunos autores han llegado a afirmar que los animales no humanos también son capaces de llevar a cabo la clase de inferencias que los seres humanos realizamos cuando pensamos sobre relaciones causales. Si ese fuera el caso entonces no deberíamos esperar grandes diferencias entre las estructuras representacionales de diferentes especies, incluyendo la nuestra, en términos de sus contenidos, pues todas ellas incluirían representaciones abstractas de propiedades físicas tales como la rigidez y el peso (Povinelli, 2003). Dados sus compromisos, esta postura sobre las representaciones en animales no humanos puede caracterizarse como una visión inflacionista.

Sin embargo, la discusión en psicología comparada entre minimalistas e inflacionistas ha alcanzado un punto muerto. Principalmente, porque cada bando en esta disputa parece hacer oídos sordos a los argumentos y la evidencia empírica

presentados por el bando opuesto. Por una parte, los minimalistas parecen especialmente reticentes a considerar evidencia que sugiera que los animales no humanos toman en cuenta las propiedades paramétricas de los objetos con los cuales interactúan, como por ejemplo su peso o masa. La misma evidencia sugiere que usar una herramienta apropiadamente iría más allá del aprendizaje por ensayo y error. Algo parecido podría decirse del problema que plantea seleccionar la herramienta más adecuada para resolver cierto problema. Numerosos estudios sugieren que los animales no humanos toman en cuenta las propiedades físicas de los objetos cuando seleccionan aquellas herramientas que mejor se ajustan a los requerimientos de una tarea específica. Este tipo de evidencia será considerado en la próxima sección. Ahora bien, como crítica contra el enfoque inflacionista se suele señalar su incapacidad para especificar los mecanismos cognitivos subyacentes que permitirían a los animales no humanos representar relaciones causales y razonar sobre ellas. A su vez, los minimalistas suelen llamar la atención sobre aquellos experimentos que muestran que los animales no humanos tienen problemas para entender y hacer predicciones basados en principios físicos (Penn & Povinelli, 2007). En consecuencia, creemos que el estado actual del debate entre minimalistas e inflacionistas refleja no sólo los límites de nuestra comprensión experimental de la mente animal, sino que también hace eco de cuestiones teóricas importantes que aguardan una respuesta satisfactoria de nuestra parte. Estas cuestiones hacen referencia a la naturaleza de la cognición causal y a lo que significa que un animal no humano represente relaciones causales entre eventos. Intentar clarificar estas cuestiones será el objetivo principal de este capítulo. Para ello, propondremos una alternativa tanto a la postura minimalista como a la inflacionista. Es importante enfatizar que cualquier alternativa viable respecto de estos dos enfoques deberá contar con amplio apoyo empírico. Igual de importante es que nuestra propuesta especifique algunos de los mecanismos y recursos cognitivos que permiten a

los animales no humanos representar relaciones causales. Si bien la propuesta resultante deberá entenderse como una descripción de los mecanismos involucrados en la cognición causal, la misma también deberá ser consistente con una teoría normativa que especifique conceptualmente qué cuenta como representación causal. En consecuencia, al final de este capítulo estaremos en capacidad de responder no sólo a la pregunta sobre cómo representan la relaciones causales los animales no humanos sino también a la pregunta sobre por qué es ese el caso (Glock, 1999).

Argumentaremos que, aun concediendo que los animales no humanos carecen de los medios para representar principios y conceptos físicos abstractos, tal y como la evidencia disponible parece sugerir, sí serían capaces, en cambio, de representarse relaciones causales. Esta capacidad se asemejaría a su contraparte en seres humanos en al menos dos sentidos importantes. En primer lugar, las representaciones de relaciones causales en animales no humanos reflejarían su conocimiento *implícito* de las propiedades abstractas de los objetos y herramientas a mano. Como veremos en la última sección del presente capítulo, gracias a este conocimiento los animales serían capaces de hacer generalizaciones sobre aquellas herramientas que tienen en común algunas de sus propiedades físicas. El contenido de las representaciones en cuestión no se reduciría a información sobre relaciones entre los rasgos observables de eventos y objetos en el mundo. Por el contrario, las representaciones de relaciones causales en animales no humanos se podrían alinear con algunos de los enfoques intervencionistas sobre la causalidad –*interventionist accounts of causation*– provenientes de la filosofía de la ciencia contemporánea (Pearl, 2000; Woodward, 2003). Como veremos, las representaciones que albergarían los animales no humanos se encuentran disociadas de la acción, en el sentido de que no estarían vinculadas a respuestas conductuales específicas. Este tipo de representaciones serían posibles gracias a una clase particular de modelos internos, los cuales han sido desarrollados en la literatura

neurocomputacional sobre control motriz. Dichos modelos emularían las relaciones causales entre el aparato motriz del agente y su entorno. Las representaciones resultantes, además de tener una rica estructura interna, estarían estructuradas de modo contrafáctico, en el sentido de que representarían las transiciones entre diferentes estados del entorno, siempre y cuando otros estados sean el caso.

Como hemos mencionado, hay dos bandos en disputa en el debate contemporáneo sobre la cognición causal en animales no humanos. Ahora examinaremos más detalladamente ambas posturas.

El enfoque minimalista ha sido defendido vehementemente por los psicólogos comparados Derek Penn y Daniel Povinelli, entre otros (para otra versión de este minimalismo contemporáneo sobre la mente animal: Heyes, 2012). De acuerdo con estos autores, su propia postura sobre la cognición animal constituye la única voz disidente en medio del consenso generalizado dentro de la psicología comparada que concibe que “the traditional hallmarks of human cognition –for example, complex tool use, grammatically structured language, causal-logical reasoning, mental state attribution, metacognition, analogical inferences, mental time travel, culture, and so on– are not nearly as unique as we thought” (Penn *et al.*, 2008: 110). Contra dicho consenso, Penn y Povinelli proponen la existencia de una profunda discontinuidad funcional entre la mente humana y la mente animal, discontinuidad que se hace especialmente evidente cuando consideramos la capacidad de los animales no humanos para reinterpretar relaciones observables entre propiedades, eventos y objetos en términos de relaciones de segundo orden (Penn *et al.*, 2008). Por definición, una relación observable entre dos o más elementos es completamente dependiente de las diferentes fuentes de información sensorial con las que cuenta un sistema cognitivo. Por el contrario, las relaciones de segundo orden deben ser entendidas como el resultado de reevaluar relaciones de primer orden, esto es, relaciones observables entre propiedades, eventos u objetos.

Como tales, las relaciones de segundo orden no versan sobre los rasgos observables de los elementos que constituyen una relación específica sino que más bien estarían basadas en los rasgos estructurales y lógico-causales de las relaciones subyacentes. En consecuencia, la posibilidad de establecer relaciones de segundo orden depende de la capacidad para encontrar similitudes funcionales, lógicas y/o estructurales entre relaciones. Precisamente, es tal habilidad, la que según Penn y Povinelli estaría ausente en los animales no humanos, lo que establecería una profunda discontinuidad funcional entre la mente animal y la humana. Así, de acuerdo con esta propuesta los seres humanos, pero no los animales, tendrían la capacidad para formar conceptos abstractos y relacionales, encontrar analogías estructurales y funcionales entre relaciones, hacer inferencias sobre jerarquías estructuradas entre relaciones, o postular teorías o modelos sobre relaciones causales (Penn *et al.*, 2008). Como veremos a continuación, esta clase de teorías facilitan la tarea de reinterpretar relaciones entre propiedades, eventos u objetos en términos de relaciones de segundo orden.

Un rasgo importante de cualquier teoría sobre relaciones causales es la inclusión de conceptos abstractos que nos permiten agrupar bajo las mismas categorías relaciones de primer orden que son diferentes entre sí.³⁴ Por ejemplo, el concepto físico de soporte se aplica no sólo a aquellos casos en los que dos o más objetos se encuentran uno debajo del otro (la columna soporta el techo) sino también en aquellas situaciones donde, por ejemplo, dos o más objetos se encuentran dispuestos verticalmente sirviendo de soporte entre sí (el paraguas se apoya en la pared). Es importante señalar que en principio, un concepto abstracto no podría ser reducido a relaciones

³⁴ Cabe señalar que en este caso un conjunto de creencias o supuestos sobre las relaciones causales presentes en cierto dominio no se corresponden necesariamente con una teoría científica *sensu stricto*. Por tanto, aquí entenderemos la noción de teoría en su sentido más general, esto es, como un sistema de creencias y/o principios que tienen un determinado campo de aplicación. Esta definición es lo suficientemente amplia como para incluir lo que los psicólogos cognitivos han bautizado con el nombre de teorías intuitivas, las cuales hacen referencia a nuestro conocimiento sobre el mundo que es anterior a cualquier tipo de interacción con él. Una introducción general al tópico de las teorías intuitivas lo constituye: Spelke & Kinzler (2007).

perceptuales entre eventos u objetos. Así, aun cuando cualquier relación de soporte implica también contacto físico entre dos o más objetos, lo opuesto no sería cierto: dos objetos podrían estar en contacto físico sin que ello implique que uno sirva de soporte al otro. Conceptos físicos como soporte, gravedad, rigidez o peso definen criterios estructurales o funcionales para categorizar relaciones entre eventos u objetos. En otras palabras, buena parte de nuestros conceptos permiten formar sistemas de relaciones de segundo orden que tienen poco o nada en común en términos de propiedades observables. Más bien, lo que esas relaciones compartirían es un conjunto definido de rasgos abstractos e inobservables.

Como mencionamos más arriba, de acuerdo con Penn y Povinelli, la inhabilidad para formar y emplear conceptos abstractos sería una importante limitación cognitiva de los animales no humanos a la hora de resolver problemas y emplear herramientas. Por ejemplo, aquellos animales incapaces de comprender el concepto de soporte no podrían resolver espontáneamente un problema que requiriese apilar un conjunto de cajas para alcanzar una banana que cuelga del techo. Resolver dicho problema de manera satisfactoria implicaría, de acuerdo con lo propuesto por Penn y Povinelli, que uno tendría que entender primero que las cajas en cuestión deben guardar cierta relación física y estructural entre sí, de tal manera que la fuerza de gravedad haga que el arreglo de elementos permanezca estable. Y precisamente tal conocimiento es lo que parecería constituir el contenido de nuestro concepto físico de soporte. Ahora bien, Penn y Povinelli también reconocen, a partir de la evidencia disponible, que los primates son capaces de resolver, tras muchos intentos, un problema como el de apilar un conjunto de cajas para alcanzar un recompensa que cuelga de lo alto. Pero en la medida en que los animales no son capaces de desplegar conceptos abstractos para resolver esta clase de problemas ellos se verían obligados a basarse solamente en su conocimiento de las relaciones observables entre los objetos involucrados. En ese

caso, la única pieza de información disponible para resolver la tarea considerada sería cierta relación observable entre las cajas en la que el concepto de contacto sería instanciado. Por tanto, los animales tendrían que descubrir, a través de ensayo y error, cual de todas las relaciones posibles entre las cajas les permitiría alcanzar la banana que cuelga del techo.

Por otra parte, el consenso contra el cual Penn y Povinelli dirigen sus críticas está mejor encarnado en el trabajo de los psicólogos comparativos Josep Call, Daniel Hanus y Amanda Seed. En las últimas dos décadas estos autores han enfocado sus esfuerzos en mostrar que los grandes simios pueden adquirir y emplear conocimiento abstracto sobre relaciones causales. Especialmente importante en este empeño ha sido el análisis experimental de las capacidades de los grandes simios para representar las propiedades físicas de los objetos. Esta clase de conocimiento (llamado en inglés de manera genérica como *object knowledge*) sería esencial a la hora de resolver problemas relativos a la localización y extracción de comida (Seed *et al.* 2011). Resolver la primera clase de problemas, involucra inferir la localización de una recompensa que permanece oculta, tomando en cuenta para ello las propiedades físicas de la recompensa, las propiedades de otros objetos involucrados, si los hay, así como sus posibles interacciones. En cuanto a la extracción de comida, se trataría más bien de recuperar piezas de comida que se encuentran fuera del alcance de las extremidades. Para ello el uso de una o más herramientas resulta indispensable, tal y como vimos en el capítulo precedente. Aunque estos problemas han sido estudiados con primates en cautiverio empleando escenarios artificiales, en sus medios naturales los animales no humanos encuentran problemas equivalentes todo el tiempo y en buena parte su supervivencia depende de resolverlos satisfactoriamente. Y como Seed *et al.* (2011) mostraron, los grandes simios son capaces de resolver satisfactoriamente problemas de extracción y localización de comida tanto en sus medios naturales como

en el laboratorio.

Con el fin de interpretar los resultados positivos de sus experimentos y como alternativa a la postura defendida por Penn y Povinelli, Seed *et al.* (2011) han propuesto un marco conceptual que desafía la distinción ya mencionada entre conocimiento perceptual de primer orden y conocimiento sobre relaciones de segundo orden. Así, en lugar de tener sólo dos niveles representacionales, el marco propuesto introduce un nuevo nivel de abstracción para representar la información física disponible. Según esta propuesta, además de los niveles perceptual y abstracto de representación introducidos por Penn y Povinelli habría un tercer nivel que haría referencia a las relaciones estructurales entre objetos. Esta clase de conocimiento, que no sería ni perceptual ni conceptual, incluiría representaciones de las propiedades físicas de los objetos tales como su solidez o peso al igual que algunas de sus propiedades funcionales. Las representaciones resultantes implicarían algún nivel de abstracción pero contrario a las representaciones conceptuales no serían ni simbólicas ni puramente abstractas. Por lo tanto, mientras el conocimiento estructural, introducido por Seed *et al.* (2013), no depende del lenguaje al mismo tiempo permitiría la clase de generalización que algunos animales exhiben cuando manipulan herramientas que comparten propiedades paramétricas pero no propiedades observables.

Pero aún cuando la distinción introducida por Seed *et al.* (2013) arroja algo de luz sobre la cuestión de cómo los animales no humanos entienden la causalidad, también es cierto que algunas preguntas sobre este asunto quedan sin responder. Tal vez la más importante de todas ellas hace referencia a los procesos y mecanismos cognitivos involucrados en la implementación de las representaciones causales en el cerebro de los animales. Responder esta pregunta es urgente, en la medida que nos permitirá apreciar el alcance de la cognición causal en animales no humanos así como sus principales diferencias, si las hubiese, con la cognición causal en humanos. Como

veremos, también ofrece una oportunidad única para acercar ciencias cognitivas y psicología comparada. Intentaremos ofrecer una respuesta preliminar a estas cuestiones en lo sucesivo. Pero antes revisaremos evidencia empírica en contra del llamado enfoque minimalista. Para ello analizaremos evidencia reciente de la flexibilidad en el uso de herramientas por parte algunos animales no humanos.

Flexibilidad cognitiva y uso de herramientas en animales no humanos

Como vimos en el tercer capítulo de esta disertación, en estado silvestre el uso espontáneo de herramientas parece restringirse a Chimpancés (*Pan troglodytes*), Orangutanes (*Pongo spp.*), monos capuchinos (*Sapajus libidinosus*) y macacos (*Macaca fascicularis aurea*) (Koops, Visalberghi & van Schaik, 2014). Por otra parte, en cautiverio la manipulación de herramientas parece más frecuente entre aquellas especies de primates ampliamente estudiadas, como es el caso de los bonobos, gorilas, monos capuchinos y macacos, lo cual sugiere que los requerimientos cognitivos para el uso de herramientas se encuentran ampliamente extendidos entre los primates (Haslam, 2013).

Cabe aclarar, sin embargo, que la manipulación de herramientas no es necesariamente un indicador fiable de flexibilidad cognitiva. Así, el grado de disociación entre la manipulación de cierto objeto y un contexto particular es muy importante. Especialmente, la doble disociación entre una herramienta y sus usos (esto es, usar múltiples objetos para la misma función y emplear el mismo utensilio para diferentes propósitos) parecería involucrar un alto grado de flexibilidad cognitiva (Call, 2013). En primates y aves existe una correlación positiva entre el uso de herramientas y el potencial para innovar, lo cual sugiere que las especies que son usuarias de herramientas son más innovadoras cuando se las tienen que ver con nuevos retos

ambientales (Lefebvre, Reader & Sol, 2004). Ambas capacidades podrían verse favorecidas por mecanismos cognitivos que permiten predecir los resultados de una acción antes de que sea ejecutada.

En esta sección examinaremos, en primer lugar, la manera en que los primates no humanos aprenden a manipular utensilios. Luego, consideraremos evidencia reciente de que los animales planifican y ajustan sus acciones a las propiedades físicas de los objetos que tienen a mano.

La flexibilidad en la manipulación de herramientas en animales no humanos se caracteriza por una larga trayectoria de desarrollo y aprendizaje motriz. Tanto los chimpancés como los monos capuchinos pasan los primeros años de sus vidas aprendiendo habilidades motrices antes de convertirse en usuarios competentes de herramientas (Boesch & Boesch, 1990; De Resende, Ottoni, & Fragaszy, 2008). La forma en que los animales no humanos adquirirían este tipo de habilidades sería una combinación de aprendizaje observacional y experiencias propias ligadas a las actividades lúdicas y sociales propias de los primeros años de desarrollo cognitivo. Esta concepción del aprendizaje encuentra apoyo empírico en estudios que muestran, por ejemplo, que los chimpancés más jóvenes observan a sus madres mientras ellos mismos comienzan a manipular objetos individuales. Estas interacciones simples son seguidas de manipulaciones más complejas en las que el objeto a mano es percutido contra una superficie o contra un segundo objeto (Boesch & Boesch-Achermann, 2000; Inoue-Nakamura & Matsuzawa, 1997). A lo largo de un período extenso de aprendizaje, las acciones de los chimpancés se vuelven más organizadas en términos jerárquicos hasta que finalmente desarrollan las habilidades motrices necesarias para romper nueces, por ejemplo.

Las especies de primates que son usuarias de herramientas han demostrado su capacidad para planificar acciones antes de elegir y emplear útiles. Consideremos

cierto diseño experimental que buscaba investigar la planificación de la acción, el cual involucraba un tubo cargado con una recompensa en uno de sus extremos. Cuando se les presentaba dicha situación a un grupo de chimpancés, éstos solían tomar el tubo y acercar el lado cargado a sus bocas. Pero dependiendo de la orientación en que había sido dispuesto el tubo con respecto al cuerpo del sujeto, los animales ajustaban sus movimientos para reducir el costo motriz de sus acciones. Así, agarrando el tubo con el pulgar, el cual apuntaba hacia el lado con la recompensa, los sujetos conseguían que su postura final fuera mucho más cómoda que si agarraban el tubo de una manera diferente. En otros experimentos, tanto monos capuchinos como chimpancés han mostrado algún tipo de preferencia al agarrar objetos, lo cual sugiere que tales animales son capaces de anticipar el estado final que tendrán sus miembros tras una secuencia compleja de acciones (Frey & Povinelli, 2012; Sabbatini, Meglio, & Truppa, 2016; Zander & Judge, 2015).

Por otra parte, en diversos estudios de campo los chimpancés han mostrado que ajustan la fuerza que aplican cuando intentan romper una nuez a la resistencia y dureza de la cubierta (Visalberghi, Sirianni, Frigaszy, & Boesch, 2015). Adicionalmente, existe una correlación entre la altura a la cual los chimpancés levantan un martillo de madera y el peso del mismo (Günther & Boesch, 1993). De manera similar, los monos capuchinos aplican más fuerza activa a rocas ligeras cuando las usan como martillos que a rocas que son pesadas (Visalberghi et al., 2015). Cuando se trata de nueces que ofrecen gran resistencia, los monos capuchinos también suelen levantar a una mayor altura los martillos que emplean. En un caso aún más diciente, los monos capuchinos golpean con fuerza moderada una nuez que desean romper mientras van ajustando la cinemática de sus percusiones a las propiedades de la nuez (Mangalam & Frigaszy, 2015). De esta manera evitan destruir la almendra al interior de la nuez.

Los resultados de estos estudios de campo han sido confirmados en el laboratorio.

Los chimpancés forman expectativas sobre el peso de un objeto basados en su tamaño antes incluso de tener cualquier tipo de contacto físico con el mismo (Povinelli, 2011). En el contexto del uso de herramientas, los chimpancés ajustan la fuerza que aplican mientras rompen nueces al peso del martillo que emplean (Bril, Dietrich, Foucart, Fuwa, & Hirata, 2009). Si el martillo es pesado, los chimpancés movilizarán más fuerza activa que cuando el martillo es liviano. Estos hallazgos señalan que aquellos primates que manipulan herramientas ajustan eficientemente sus acciones a las propiedades de un utensilio dado y a su respectivo objetivo. Los chimpancés también suelen emplear objetos elongados, como varas, para explorar lugares potencialmente peligrosos o que simplemente no son visibles (Povinelli, Reaux, & Frey, 2010).

Finalmente, en dos estudios recientes Kaneko & Tomonaga (2012, 2014) analizaron la forma en que los chimpancés ajustan sus acciones a perturbaciones externas. En estos estudios, los chimpancés aprendieron a controlar un cursor en una pantalla a través de un *track ball*. Se les entrenó para mover el cursor y acertar en uno o varios objetivos que iban apareciendo en la pantalla. En la condición experimental, aparecía un segundo cursor el cual buscaba distraer a los sujetos (Kaneko & Tomonaga, 2012). Cuando la trayectoria del cursor que servía como distractor estaba dirigida al objetivo pero su cinemática estaba disociada de las acciones de los chimpancés éstos tenían dificultades para determinar cuál cursor estaban controlando. En un segundo estudio, Kaneko y Tomonaga (2014) introdujeron algunas distorsiones, o bien, sobre la cinemática del cursor, o bien, sobre el objetivo en la pantalla (dicho objetivo cambiaba de posición repentinamente). Tras analizar los datos obtenidos, los autores encontraron que los chimpancés reorientaban constantemente su atención entre el cursor y el objetivo cuando las distorsiones introducidas interferían con el objetivo de sus acciones. En cambio, las distorsiones inducidas sobre la cinemática del cursor no tenían como consecuencia cambios de atención. Los resultados de ambos experimentos indican que

si bien los chimpancés supervisan en tiempo real si los objetivos de sus acciones fueron conseguidos, cuando se trata de la cinemática de sus acciones dicho control cognitivo parece estar ausente. A partir de estos hallazgos los autores sugieren que en el caso de los chimpancés el ajuste de sus acciones a perturbaciones externas parecería estar basado en procesos automáticos que facilitan el control motriz en tiempo real (en oposición a procesos de control cognitivo más lentos y costosos, de tipo consciente).

Ahora bien, cuando se trata de seleccionar herramientas para resolver problemas específicos los primates también parecen tomar en cuenta las propiedades de los objetos. Por ejemplo, tanto los chimpancés como los monos capuchinos seleccionan utensilios de percusión basados en propiedades tales como el material, la masa y la dureza de las rocas disponibles, lo cual les permite romper nueces con la menor cantidad de golpes posibles (Boesch & Boesch, 1982; Fragaszy et al., 2010; Sirianni, Mundry, & Boesch, 2015; Visalberghi et al., 2009). La selección de herramientas también estaría basada en las propiedades del objetivo, una nuez por ejemplo (Boesch & Boesch, 1982; Visalberghi et al., 2015). Cuando se trata de pescar termitas los chimpancés suelen seleccionar varas con propiedades estructurales que se ajustan a los requerimientos de cada fase de la tarea que ejecutan (Boesch, Head, & Robbins, 2009; Sanz, Morgan, & Gulick, 2004). Primero usan herramientas rígidas y anchas para perforar el nido de las termitas. Luego cambian a varas flexibles y delgadas que introducen a través de la abertura que ellos mismos crearon, dejando que las termitas se adhieran al palo. Se ha reportado que en algunas ocasiones actividades como pescar termitas llegan a involucrar hasta cinco varas diferentes, todas ellas elegidas secuencialmente por el mismo individuo.

Trabajo experimental llevado a cabo con poblaciones de primates en cautiverio permiten confirmar y ampliar los resultados mencionados en el párrafo anterior. Estos estudios buscaban determinar la clase de información que los primates usan para

seleccionar herramientas, incluyendo sus propiedades (peso, rigidez, longitud, forma, conectividad etc) así como sus posibles efectos en otros objetos. Algunas de estas propiedades pueden ser determinadas a través de una rápida inspección visual de la estructura del objeto (su tamaño y forma) mientras que otras requieren de exploración táctil o de demostraciones visuales de los efectos que tienen dichas propiedades, por ejemplo, observar que una vara no se puede doblar. No obstante, en muchas situaciones la información visual provee una buena aproximación a las propiedades físicas de los útiles disponibles. Por ejemplo, en la mayoría de escenarios el tamaño de un objeto de cierto material es suficiente para hacer una inferencia sobre su peso. Se ha demostrado que los humanos también usamos el tamaño como aproximación del peso de un objeto.³⁵ Es más, otras propiedades como el diámetro de una vara pueden ser usadas por los primates como una pista para inferir propiedades más abstractas, como por ejemplo su rigidez. Hace falta, por tanto, determinar, a través de estudios empíricos, cuáles rasgos observables son usados, por parte de los animales no humanos, para determinar con precisión las propiedades físicas de los objetos.

Es importante señalar, sin embargo, que en el contexto de la selección de herramientas algunos animales no humanos son capaces de disociar las propiedades observables de los objetos de sus propiedades físicas. Así pues, numerosos estudios ponen en evidencia la capacidad de los chimpancés y los monos capuchinos para seleccionar herramientas basándose exclusivamente en su peso mientras soslayan el tamaño (Sakura & Matsuzawa, 1991; Schrauf, Call, Fuwa, Hirata, & Santos, 2012; Schrauf, Huber, & Visalberghi, 2008; Visalberghi et al., 2009). Y aun cuando en ocasiones peso y tamaño entren en conflicto, los monos capuchinos, por ejemplo, prefieren aquellas herramientas de piedra que son pequeñas pero pesadas sobre las que pueden ser grandes pero ligeras.

³⁵ Véase por ejemplo el caso de la ilusión tamaño-peso (Robinson, 1964).

En otro ejemplo de la capacidad de los animales no humanos para seleccionar herramientas atendiendo a sus propiedades, se ha demostrado que tanto chimpancés como monos capuchinos (*Sapajus appella*) seleccionan varas cuya rigidez se ajusta a los requerimientos de la tarea a realizar (Manrique, Gross, & Call, 2010; Manrique, Sabbatini, Call, & Visalberghi, 2011). Así, pues, cuando se trata de alcanzar y atraer hacia ellos una recompensa que se encuentra ubicada a cierta distancia los monos capuchinos prefieren emplear varas rígidas que no se quiebren fácilmente, mientras que si lo que buscan es acceder a un líquido prefieren varas que se puedan doblar sin romperse. Grandes simios y monos adquieren información sobre la funcionalidad de las herramientas (su flexibilidad o rigidez) a través de interacciones con los objetos o incluso a través de demostraciones dadas por terceros. No obstante, cabe señalar que no todos los paradigmas experimentales usados con chimpancés arrojan los resultados alcanzados en el caso de los monos capuchinos. Así, pues, tanto en Povinelli (2000) como en Furlong, Boose & Boysen (2008) los chimpancés, que tenían que emplear herramientas complejas, tuvieron dificultades para tomar en cuenta la rigidez de los objetos que debían emplear para recuperar una recompensa que se encontraba fuera de su alcance (Furlong, Boose, & Boysen, 2008; Povinelli, 2000). Adicionalmente, algunos primates, que no se caracterizan por ser usuarios habituales de herramientas (monos tamarindos y cercopitecos verdes), han mostrado en cautividad que pueden tomar en cuenta la rigidez de los objetos a la hora de recuperar objetos a distancia (Santos, Pearson, Spaepen, Tsao, & Hauser, 2006).

Finalmente, evidencia reciente indicaría que los grandes simios y los monos capuchinos diferencian entre intervenciones de terceros que no están acompañadas de factores de confusión (*unconfounded interventions*) y aquellas intervenciones que sí lo están (*confounded interventions*). En dos estudios recientes (Edwards *et al.*, 2014; Völter, Sentís y Call, 2016), los primates observaron patrones de variación y covariación

entre la activación de un dispensador de comida y la inserción, por parte de un experimentador, de ciertos objetos en él. Los primates, monos y simios, parecen diferenciar entre aquellas intervenciones en las cuales eran depositados dentro del aparato varios objetos al mismo tiempo (*confounded intervention*) y las intervenciones en las que los objetos habían sido introducidos uno por uno (*unconfounded intervention*). Los primates preferían aquellos objetos que anteriormente habían sido introducidos individualmente y habían tenido como consecuencia la activación del aparato. Otra explicación posible de los anteriores resultados es que podría tratarse del efecto de la competencia entre estímulos (diversos objetos introducidos simultáneamente), lo cual impide que los animales aprendan las correlaciones apropiadas entre eventos (Kamin, 1969). Esta clase de efectos, sin embargo, depende de la repetición de los estímulos precondicionados, lo cual no se sucedió en este caso. En un experimento posterior, los primates fueron capaces también de hacer juicios retrospectivos sobre el efecto de los objetos cuando eran introducidos. Así, tras presenciar las intervenciones acompañadas de factores de confusión, los primates vieron al experimentador depositar los objetos uno por uno en el dispensador. Los sujetos seleccionaron aquellos objetos que antes habían activado el dispensador por sí mismos, ignorando los que no, aunque sólo lo hicieron cuando ellos mismos habían introducido el objeto y no cuando lo había hecho el experimentador. Ambos estudios muestran cómo los grandes simios y los monos capuchinos aprenden sobre relaciones causales mientras soslayan otras posibles alternativas. Adicionalmente, estos resultados también sugieren que, al igual que en las ratas, en primates las acciones propias juegan un papel especial a la hora de aprender nuevas estructuras causales.

Los chimpancés remueven las ramas accesorias de los tallos que van a emplear como “anzuelos” para pescar termitas. También modifican los extremos de los tallos con el fin de conseguir herramientas más efectivas a la hora de pescar termitas (Sanz

et al., 2009). Estas modificaciones son realizadas incluso antes de que los chimpancés lleguen al nido de las termitas. Estudios de campo y de laboratorio confirman que los monos capuchinos también fabrican herramientas de sondeo acortando ramas y palos y removiendo ramas laterales adicionales (Mannu & Ottoni, 2009; Westergaard & Fragaszy, 1987). Poblaciones cautivas de monos capuchinos han sido observadas modificando toallas de papel para luego reutilizarlas como esponjas (Westergaard & Fragaszy, 1987).

Otros estudios experimentales sugieren que los monos capuchinos tienen problemas para anticipar las modificaciones a realizar para convertir cierto objeto en una herramienta funcional (Visalberghi & Trinca, 1989). Por ejemplo, en un experimento, los monos debían recuperar una recompensa dispuesta dentro de un tubo de pexiglas orientado horizontalmente. Para ello debían introducir dentro del tubo una vara del diámetro y de la longitud apropiados. Sin embargo, las varas disponibles requerían de alguna modificación para ser empleadas exitosamente (o eran muy anchas o eran muy largas). Y si bien los monos capuchinos eventualmente tenían éxito, sólo conseguían recuperar la comida tras diez intentos en los cuales intentaban insertar dentro del tubo la herramienta sin modificar. A partir de estos resultados, los autores del estudio concluyeron que los animales no comprendían sobre las propiedades funcionales de las varas y sus efectos. En contraposición, chimpancés, bonobos y orangutanes modificaron espontáneamente herramientas antes de emplearlas exitosamente (Visalberghi, Savage-Rumbaugh, & Fragaszy, 1995).

En otro estudio, un grupo de orangutanes no sólo seleccionó pajillas que eran funcionales para extraer jugo de un recipiente sino que además modificó aquellas pajillas que no lo eran (Manrique & Call, 2011). Finalmente, los chimpancés, además de modificar herramientas removiendo elementos no funcionales, fueron capaces de combinar diferentes piezas para formar una herramienta completamente nueva y

funcional (Bania, Harris, Kinsley, & Boysen, 2009; Köhler, 1925).

Un marco normativo para la cognición causal en animales

Antes de desarrollar la propuesta de Seed *et al.* (2013), en esta sección discutiremos un marco normativo para las representaciones causales que, creemos, también se aplica al caso de la cognición causal en animales no humanos. Como se mencionó más arriba, dicho marco se alinea con lo que los filósofos de la ciencia llaman enfoque intervencionista de la causalidad.

Una forma bastante intuitiva de entender las relaciones causales es en términos de cadenas de eventos entre los cuales existe una conexión a través de procesos espacio-temporalmente continuos de transmisión de energía o *momentum*. Así, pues, las interacciones causales sólo son posibles en la medida que los objetos entran en contacto entre sí en una secuencia de eventos claramente organizada en el espacio y en el tiempo. Ya en el siglo XVI el filósofo inglés David Hume había ilustrado esta concepción de la causalidad a través de las interacciones que se dan entre las bolas de un juego de billar: cuando una bola golpea a otra, la transmisión de fuerza hace que la segunda bola comience a moverse. De manera más general, lo que esta teoría implica es que cualquier relación causal involucra interacciones mecánicas y transmisión de energía entre objetos.

Sin embargo, esta visión mecanicista de la causalidad (también conocida en inglés como *causal-geometrical view*) contrasta notablemente con una visión alternativa que concibe las relaciones causales no como interacciones entre objetos sino más bien en términos de la influencia que ejercen ciertas variables sobre otras en un determinado contexto. Los detalles de las interacciones físicas que conectarían esas variables no serían importantes, según esta concepción, a la hora de entender la causalidad. De

hecho, en no pocas ocasiones reconocemos ciertas relaciones como causales aún cuando, en principio, no es posible ofrecer una descripción mecanicista de ellas. Consideremos brevemente el siguiente ejemplo: nuestras explicaciones sobre el cáncer de pulmón nos dicen que aquellas personas que fuman regularmente muestran una mayor tendencia a desarrollar tal tipo de cáncer que las personas que son fumadores ocasionales o que no fuman en absoluto. Así, pues, sabemos a partir de este tipo de explicaciones que aquellos grupos con una exposición prolongada al tabaco presentan una mayor incidencia de cáncer de pulmón o que la incidencia de cáncer es menor en grupos de personas que no son fumadoras activas comparados con aquellos grupos poblacionales que sí lo son. La teoría económica también suele ofrecernos ejemplos de explicaciones causales que no son mecanicistas. Por ejemplo, nuestras teorías sobre la formación de precios de mercado nos dicen que cuando la demanda es alta pero la oferta baja los precios de los productos tienden a subir, mientras que si la relación entre demanda y oferta se invierte entonces los precios tenderán a bajar. Lo que tienen en común las anteriores explicaciones es que no dependen de información específica sobre cadenas de sucesos o interacciones físicas entre objetos. Más bien, todo lo que necesitamos saber es que modificaciones en ciertos factores o variables del sistema tendrán efectos en otras variables, modificando sus valores.

Esta concepción de la causalidad puede ser resumida bajo la idea de que las causas hacen una diferencia para sus efectos. Continuando con el ejemplo del párrafo precedente podemos decir que el tabaco es considerado como causa del cáncer de pulmón porque la exposición al tabaco influye en la ocurrencia de dicha enfermedad en comparación con aquellas situaciones en las que el mismo tipo de exposición está ausente. En este caso, al igual que en el caso de la formación de precios, un cambio en el valor de una de las variables (una propiedad o cantidad) introduce cambios en los valores de otras variables. En la misma dirección, pero usando las herramientas

conceptuales de la teoría de probabilidades, se podría decir que las causas cambian las probabilidades de sus efectos en el sentido que la presencia o ausencia de C (o un cambio en sus valores) modifica la probabilidad de E , al menos cuando otros factores son controlados.

Salta a la vista que una vez se entiende que las causas hacen una diferencia para sus efectos las relaciones causales se convierten en relaciones potencialmente útiles para propósitos de control (Cook & Campbell, 1979). Al fin y al cabo, introducir un cambio en C de manera controlada, esto es manipular C , induciría un cambio en los valores de E . Así, pues, si cierto evento es una causa genuina entonces introducir deliberadamente un cambio en sus valores deberá producir los cambios deseados. En contraposición, cuando se trata de una mera correlación entre dos eventos un cambio en uno de ellos no tendría ningún tipo de efecto en el otro. Por tanto, las correlaciones son relaciones que un organismo podría aprovechar eventualmente en pro de sus supervivencia pero que, a diferencia de las relaciones causales genuinas, no resultarían herramientas especialmente útiles si lo que se busca es controlar de manera deliberada ciertas variables ambientales.

Pasemos ahora a considerar la cuestión de las representaciones causales. Al respecto, es necesario un enfoque que logre capturar la idea, central para entender la causalidad, de que una intervención en la causa C garantiza la producción del efecto E . A partir de esta concepción, varios filósofos de la ciencia (Pearl, 2000; Woodward, 2003) han propuesto que entender una relación causal consiste en saber cómo cambiaría el valor de cierta variable si una intervención, propia o no, se diese en otra variable ambiental. La idea general detrás de esta propuesta es analizar las relaciones causales en términos de condicionales contrafácticos, los cuales pueden caracterizarse formalmente como enunciados condicionales subjuntivos cuya prótasis (supuesto condicional) es contraria a los hechos. Un ejemplo de este tipo de enunciados sería el

siguiente: si María no hubiera fumado, ella no habría desarrollado cáncer de pulmón.³⁶

Lo que capturan enunciados como el anterior es que la estructura contrafáctica entre las dos variables relevantes (i.e., fumar y desarrollar cáncer de pulmón) debería ser tal que únicamente una intervención en una de las variables, bajo ciertas condiciones, fuera capaz de producir el cambio esperado en el valor o distribución de probabilidad de los valores de la otra variable, indicada en el enunciado condicional.

Habría al menos dos ventajas en representar las relaciones causales en términos de enunciados condicionales contrafácticos. La primera de ellas es que nos permite capturar la diferencia, ya mencionada, entre relaciones causales y correlaciones entre eventos. Tal diferencia, postulada por el llamado marco intervencionista de la causalidad, se refiere al hecho de que siempre que se manipule una causa deberán producirse los cambios esperados. Y eso es precisamente lo que estipulan los enunciados contrafácticos cuando establecen que, en cualquier relación causal, al variar un factor otra variable relacionada habrá de variar también. Por otra parte, las representaciones contrafácticas de las relaciones causales enfatizan que si una asociación entre dos variables A y B persiste aun cuando A es manipulada, entonces podemos estar seguros de que A causa B. Gracias a esto estaríamos en posición de descartar otros factores como causas del efecto B (i.e., *confounding factors*).

Un par de aclaraciones son necesarias antes de continuar. Primero, aunque las circunstancias de trasfondo no están explícitamente representadas en los enunciados contrafácticos sobre relaciones causales, dichas circunstancias pueden incluir factores contextuales que son relevantes causalmente para que se produzca un efecto determinado cuando se manipula cierta variable. Pero si bien es cierto que muchos factores pueden ser causalmente relevantes, los enunciados contrafácticos sólo se refieren a aquellas relaciones entre variables y resultados que serían más estables,

³⁶ Asumimos que la prótasis, i.e., la cláusula antes de la coma es contrario a los hechos porque María nunca dejó de fumar.

proporcionales o específicas comparadas con las relaciones entre esos mismos resultados y otras variables causales (Woodward, 2010).

Por otra parte, aunque en un marco intervencionista las representaciones de relaciones causales se entienden como herramientas útiles para propósitos de control, cabría aclarar que al respecto algunas relaciones son más útiles que otras. Consideremos, por ejemplo, el caso de aquellas relaciones causales que son inestables y muy sensibles a los factores contextuales, de tal forma que dichas relaciones sólo se dan bajo circunstancias de trasfondo muy específicas y difíciles de alcanzar. Si un organismo rara vez se encuentra en el contexto con las circunstancias apropiadas, la representación de dicha relación no resultaría útil para el control de la acción. También se da el caso de situaciones en las cuales un conjunto muy limitado de valores de una variable puede producir cambios en otra. En esos casos, la manipulación de la variable en cuestión no sería suficiente para conseguir el control de la variable correspondiente. En consecuencia, no todas las representaciones contrafácticas resultarían igual de útiles a la hora de controlar variables del ambiente.

Finalmente, el hecho de que las representaciones causales estén estructuradas contrafácticamente nos permitirá dar sentido a enunciados causales en contextos en los cuales las intervenciones de hecho no ocurren o, incluso, en casos en los cuales una intervención sería imposible. En la literatura filosófica se suele hacer una distinción entre los conceptos de manipulación e intervención. El primero involucra algún tipo de interacción física mientras que el segundo concepto no (Hausman, 1986, 1998). Esta es una distinción importante, pues esperamos que se establezcan límites claros y precisos en lo que respecta a la capacidad de un organismo para interactuar físicamente con su ambiente. Así, pues, el marco intervencionista no considera relevante nuestra capacidad real para manipular variables sino más bien la capacidad para formar representaciones sobre lo que habría de suceder con el valor de cierta variable si se

hubiera intervenido en otra variable asociada. Según esta concepción una intervención es más bien una manipulación hipotética o ideal. Habría un vínculo con la acción, pero éste no sería directo.

La última aclaración es muy importante pues nos permite ver que el marco intervencionista no se compromete con la idea de que la única forma de aprender sobre relaciones causales sea a través de manipulaciones. Por el contrario, aprender sobre relaciones causales en términos contrafácticos es algo que puede hacerse a través de pocas observaciones o incluso a través del testimonio de terceros. Lo que importa en todos esos casos es que tal aprendizaje involucre la representación de relaciones en las cuales tales elementos o fenómenos sean considerados como *causas*, y tales otros como *efectos* de ellas. En conclusión, aprender sobre cierta relación causal es aprender que la causa C hace una diferencia para la probabilidad del efecto E o, lo que es equivalente, que intervenir en C producirá un cambio en E.

El enfoque intervencionista que acabamos de presentar nos permite definir el *explanandum* de la cognición causal para el caso de los animales no humanos. En primer lugar, dicho enfoque concibe las representaciones de relaciones causales en términos contrafácticos. Este sería precisamente un rasgo fundamental de tal tipo de representaciones y como tal debería acotar nuestros intentos por definir los mecanismos cognitivos subyacentes a la cognición causal. Así, pues, en lo sucesivo entenderemos la cognición causal en animales no humanos en términos de la capacidad diferencial que tiene un organismo para representar las relaciones causales en línea con el enfoque intervencionista de la causalidad.

Dicho enfoque ofrece un marco para entender el vínculo entre representaciones causales y acción: dado su carácter contrafáctico las representaciones causales permiten especificar cuáles acciones deberá llevar a cabo un organismo para conseguir ciertos fines. De esta manera, el enfoque intervencionista enfatiza el vínculo, bastante

intuitivo por demás, entre cognición causal y control de la acción. Pero, si bien dicho vínculo es importante, al mismo tiempo, las representaciones contrafácticas no están ligadas a respuestas motrices específicas en la medida en que las intervenciones postuladas han de ser entendidas como manipulaciones hipotéticas. De esta manera, las representaciones propuestas por el enfoque intervencionista facilitan el procesamiento *off-line* o desacoplado de la información, permitiendo la simulación de interacciones entre un organismo y su medio.

Representaciones mentales de relaciones causales en animales no humanos

En lo que va del presente capítulo hemos considerado evidencia que, por un lado, permitiría refutar la tesis minimalista según la cual los animales, dados sus limitados recursos cognitivos, sólo estarían en capacidad de representar relaciones entre las propiedades observables de los objetos. Por el contrario, hemos visto que cuando se trata de manipular herramientas para conseguir cierto fin los primates toman en cuenta propiedades físicas como peso, rigidez o masa. La evidencia disponible también nos permite descartar que sea a través de ensayo y error que ciertas herramientas, con ciertas propiedades observables, sean usadas para alcanzar los objetivos deseados. En línea con el marco intervencionista de la cognición causal, diremos que los animales, más bien, anticiparían las consecuencias de sus acciones motrices cuando manipulan herramientas. Esto es lo que estaría en la base de su capacidad para adaptar sus acciones a las propiedades de los objetos a mano y a los requerimientos de las tareas que buscan resolver.

El tópico del control motriz ha sido estudiado ampliamente por numerosas disciplinas científicas, entre las que se cuentan las neurociencias, la psicología cognitiva y las ciencias de la computación. El motivo de tal interés no es otro que el de

comprender y caracterizar los mecanismos funcionales encargados de la selección e implementación de los movimientos corporales de un organismo. La organización y coordinación del movimiento en organismos que interactúan con ambientes dinámicos constituye un problema complejo, pues generalmente involucra secuencias complejas y organizadas de movimientos y acciones. Son precisamente esta clase de movimientos complejos, así como sus mecanismos subyacentes, los que nos interesará analizar en lo sucesivo.

Manipular una herramienta, por más sencilla que sea la tarea que se busque resolver con ella, involucra diversas fases motrices. Por ejemplo, una tarea como la de martillar podría ser descompuesta de manera analítica en al menos tres etapas diferentes. La primera de ellas consistiría en alcanzar el martillo a emplear. Luego, habría que agarrar y levantar el martillo para, posteriormente, balancearlo hasta conseguir el impulso apropiado. Cada una de estas fases involucra movimientos y acciones diferentes entre sí, las cuales deberán ser producidas en el orden y momento apropiados. Por supuesto las acciones generadas también deberán ajustarse a las propiedades de los objetos a mano: de nada serviría agarrar un martillo si no se hace con la fuerza adecuada. Nuestras acciones, por tanto, deberán estar ajustadas al contexto particular (por ejemplo, la manipulación de cierta herramienta, con ciertas propiedades físicas, para conseguir determinado fin) y deberán guardar coherencia entre sí. Éstos son sólo algunos de los requerimientos que el sistema cognitivo de un organismo deberá resolver cuando se implementan rutinas motrices complejas en el contexto del uso de herramientas.

Además, todo organismo, cuando actúa, debe lidiar con el problema que constituye la falta de información sobre su medio. La incertidumbre, lejos de ser una condición excepcional o propia de organismos defectuosos, es una constante producto de numerosos factores biológicos y ambientales (Clark, 2013). Entre ellos cabría destacar

el hecho de que, por lo general, la información disponible sobre el medio es incompleta: el flujo de información óptica se ve interrumpido por nuestro constante parpadeo; la información disponible sobre la presencia de objetos y estímulos a nuestro alrededor es parcial; nuestro sistema sensorial tarda demasiado tiempo en procesar la información que capta, etc. De allí, que en no pocas ocasiones la planificación de la acción y la toma de decisiones deban hacerse en ausencia de información perceptual importante sobre los objetos y eventos en el mundo (Kawato, 1999). Éste es otro problema que los controladores de la acción en animales humanos y no humanos deberán resolver

A partir de los anteriores constreñimientos, numerosos autores han señalado que para que un organismo pueda generar repuestas motrices adaptativas e instrumentales sus acciones deberán ser seleccionadas e implementadas por sistemas basados en modelos (*model-based systems*). Tales sistemas generan, como su nombre lo sugiere, modelos internos los cuales simulan las respuestas motrices del sistema a fin de estimar los resultados de las perturbaciones introducidas en el ambiente. De manera formal, se puede decir que dicha simulación se da a través de un árbol de decisión anticipatorio (*forward-looking decision tree*) que representa las contingencias entre acciones y resultados, al igual que sus respectivos valores. Asimismo, los sistemas basados en modelos pueden evaluar los posibles cursos de acción haciendo una búsqueda a través del árbol de decisión correspondiente y determinando cuáles acciones tienen las probabilidades más altas de producir los mejores resultados en determinado contexto. Un sistema basado en modelos internos es un mecanismo de control de la acción que depende fundamentalmente del aprendizaje sobre cómo variarán los estados del ambiente en caso de seguirse un posible curso de acción, así como las posibles respuestas sensoriales que los cambios ambientales traerán consigo. Por tanto, los modelos internos permiten evaluar diferentes cursos de acción sin necesidad de ejecutarlos. Lo anterior permite a su vez que las representaciones

motrices resultantes estén desacopladas de la acción, lo cual facilita el procesamiento *off-line* de la información.³⁷

De acuerdo con la perspectiva sobre el control motriz que delineamos en el párrafo precedente, los movimientos corporales de un organismo, lejos de ser simples reacciones estereotipadas a estímulos específicos, deben ser vistos como respuestas planificadas que pretenden ser óptimos de acuerdo con el modelo interno que se tenga del ambiente. Así, un modelo interno que prevea algunas de las distorsiones inducidas por factores ambientales podrá generar respuestas óptimas capaces de compensar tales distorsiones. Esto es importante si se tiene en cuenta que condiciones ambientales, como la velocidad del viento, suelen cambiar significativamente en cada caso. Aprender a juzgar la velocidad y dirección del viento, entonces, es importante si lo que se busca es prever y compensar los efectos que tendrá dicho factor sobre los lanzamientos de una lanza o flecha cuando se caza un animal, por ejemplo. En este sentido, la teoría de los modelos internos plantearían una solución al problema de modelar los mecanismos de control motriz en organismos que interactúan con ambientes dinámicos (Jordan & Wolpert, 1999).

Huelga decir que los modelos internos pueden, en principio, tener diferentes niveles de aplicabilidad. A un nivel muy general o abstracto un modelo interno puede ser útil para seleccionar aquellas acciones que, por ejemplo, le permiten a una rata salir de un laberinto durante una tarea experimental. En este caso, lo que resulta de interés es el tipo de elecciones de alto nivel sobre qué camino seguir al llegar a una intersección, mientras que el control de los movimientos de bajo nivel es incidental. Donde no es incidental dicho control es, por ejemplo, en el caso de los movimientos oculares

³⁷ Entre los científicos que han contribuido al desarrollo reciente de la hipótesis de los modelos internos podemos destacar los nombres de Michael I. Jordan, Emmanuel Todorov y Daniel Wolpert, quienes, al respecto, han aportado formalizaciones matemáticas. Sandro Mussa-Ivaldi, Mituso Kawato, Claude Ghez, Reza Shadmehr y Konrad Kording han llevado a cabo numerosos experimentos conductuales en humanos intentando probar la presencia de los modelos internos en nuestra especie.

sacádicos. Las sacadas son los movimientos simultáneos de las fóveas en busca de puntos de interés en una escena visual. En este caso, los movimientos de los ojos y sus músculos ocupan un espacio de potenciales estados que es continuo a lo largo de muchas dimensiones, por lo que las decisiones sobre qué movimientos han de llevarse a cabo deben ser tomadas en tiempo continuo. Asimismo, el modelo interno deberá generar comandos motrices que especifiquen los diferentes parámetros de los movimientos a ejecutar.

Los modelos internos serían, ante todo, mecanismos implementados en el cerebelo de un organismo, cuya función principal consistiría en emular las relaciones dinámicas entre el aparato motriz y el ambiente (Kawato, 1999). Aquí, la noción de dinámico hace referencia a la relación existente entre los comandos motrices ejecutados por el agente y los movimientos resultantes, bien sea, de los efectores del sistema (extremidades) o de los objetos manipulados (Wolpert, Ghahramani & Flanagan, 2011). Además, habría dos clases de modelos internos encargados de la implementación de las diversas fases del control motriz y la toma de decisiones. Se trata de los modelos directos (*forward models*) e inversos (*inverse models*). Un modelo del primer tipo calcularía, basado en la situación sensorial actual, las consecuencias sensoriales que tendría la ejecución de cierto comando motriz; mientras que un modelo inverso iría en la dirección causal opuesta, esto es, calcularía los comandos motrices necesarios para ir de la situación sensorial actual a una deseada (Wolpert, Ghahramani & Flanagan, 2001).

Numerosos autores han propuesto que, con el fin de conseguir un control motriz óptimo, los modelos internos estarían acoplados en pares formados por un modelo directo y un modelo inverso (Haruno, Wolpert & Kawato, 2001). La interacción resultante entre pares de modelos internos facilitaría la implementación de secuencias complejas de acciones y movimientos. En primer lugar, un modelo inverso, acoplado a un modelo directo, estaría en capacidad de generar secuencias organizadas de

comandos motrices. Las tareas complejas, como mencionamos más arriba, pueden ser descompuestas analíticamente en varias etapas, cada una delimitada por un evento sensorial específico. De esta manera, completar las diferentes etapas de una tarea involucraría alcanzar en el orden apropiado los respectivos puntos de delimitación sensorial. Para ello, un modelo inverso seleccionará y ejecutará un comando motriz para cada etapa, lo cual permitiría el tránsito del estado actual del sistema al estado sensorial que marca el final de la etapa correspondiente. Este mismo procedimiento deberá repetirse para cada fase de una tarea específica de tal forma que el mismo modelo inverso deberá seleccionar y ejecutar ordenadamente una sucesión de comandos motrices que permitan alcanzar, también en el orden apropiado, los diferentes puntos de delimitación sensorial especificados para la tarea que se busca completar. Cabe señalar que cada controlador estaría especializado en un contexto específico de tal forma que sólo generará comandos motrices apropiados para manipular cierto tipo de objetos (raquetas, martillos, libros, etc.). La finalidad de esta especialización es evitar que el modelo inverso deba re-adaptarse cada vez que haya un cambio contextual importante, lo cual tendría el efecto indeseable de provocar errores en su desempeño.

Sin embargo, manipular herramientas hábilmente no sería posible sin que los modelos directos actuaran paralelamente como mecanismos predictivos de las consecuencias sensoriales de las acciones auto-generadas. Esto es así, principalmente, porque tales predicciones facilitan el control de los movimientos aun en ausencia de señales sensoriales provenientes de los receptores periféricos. Numerosos estudios muestran que las señales sensoriales tardan entre 80 y 100 ms para influir en nuestros movimientos (y hasta 200ms en el caso de las señales de la modalidad visual) (Jeannerod, 1988; Paillard, 1996). Con el fin de evitar este retraso, los modelos inversos usarían las predicciones generadas por los modelos directos como entradas

que proveen anticipadamente estimaciones de los estados del sistema (Wolpert & Flanagan, 2001). De esta manera, las predicciones sobre las consecuencias sensoriales de un comando motriz, ejecutado durante cierta fase de una tarea, pueden ser usadas en la fase siguiente vinculando rápidamente las diferentes etapas de la acción (20ms aproximadamente). De esta manera, se garantizaría que nuestros movimientos sean fluidos y ordenados, sin interrupciones significativas entre ellos.

Ahora bien, según la hipótesis de los modelos internos, el desarrollo de una habilidad motriz implicaría aprender cómo responden los objetos a los movimientos de nuestros efectores y a las fuerzas y torques que se aplican sobre ellos. Dicho aprendizaje se daría en dos etapas. La primera, conocida bajo el nombre de “aprendizaje estructural”, consiste en identificar las entradas y salidas apropiadas del sistema, así como las ecuaciones que las vinculan (Wolpert & Flanagan, 2010). Esta labor recaería en los modelos directos, los cuales toman como entradas, por una parte, información sensorial sobre las propiedades geométricas y dinámicas de un utensilio específico (su forma, tamaño, textura, viscosidad o inercia) y, por otra, las fuerzas o comandos motrices que se aplicarán al objeto en cuestión. La salida resultante, calculada por el modelo interno, sería una estimación de la trayectoria futura del objeto. Que generamos expectativas sobre los objetos a partir de algunas de sus propiedades geométricas es algo que ha sido corroborado a través de numerosos estudios experimentales. En uno de ellos, se pidió a un grupo de sujetos que levantaran dos cubos de diferente tamaño, pero de peso idéntico. Se encontró, que los sujetos tendían a juzgar como menos pesado al cubo de menor tamaño, esto es, esperaban ser capaces de levantar el objeto aplicando menos fuerza vertical (Robinson, 1964).³⁸ En este sentido, la exploración visual de un objeto nos daría una idea no sólo de su forma, tamaño o textura sino que indirectamente también nos daría una noción aproximada

³⁸ Otra versión del mismo fenómeno es la llamada ilusión material-peso, que consiste en juzgar como más pesado un cubo cubierto de espuma que un cubo metálico, aun cuando ambos tienen el mismo gramaje.

sobre su peso, el cual es representado por el sistema a través de las predicciones y expectativas generadas. Cabe recordar que, si se detecta una discrepancia entre las expectativas y lo que se percibe dicha diferencia será usada como entrada por un modelo inverso para generar comandos motrices que permitan la reducción del error. Esto da lugar a la segunda etapa del aprendizaje motriz: el aprendizaje paramétrico, que consiste en ir ajustando nuestros movimientos a las propiedades paramétricas (peso, masa, etc.) de los objetos manipulados (Wolpert & Flanagan, 2010).

Lo anterior es de especial importancia si se quiere dar sentido a la tesis planteada por Seed *et al.* (2013) en relación con el conocimiento que tendrían los animales no humanos sobre las propiedades físicas de los objetos. En particular, los modelos internos permitirían la representación de propiedades en un formato útil para el control motriz (Pacherie, 2008). Así, un modelo inverso representa el peso de los objetos en términos de la fuerza que tendríamos que aplicar sobre ellos para levantarlos, por ejemplo. La misma propiedad sería representada por los modelos directos a través de las predicciones sobre la forma en que responden los objetos a las fuerzas y torques que aplicamos sobre ellos. De esta manera, los modelos internos permiten hacer estimaciones sobre propiedades físicas, como peso, masa o dureza, sin que para ello sea necesario una representación explícita o abstracta de tales propiedades. Y en la medida en que esas estimaciones son usadas por el sistema para el control de la acción y la toma de decisiones, el conocimiento de las teorías y principios físicos no resultaría necesario para emplear herramientas y resolver problemas complejos.

Los sistemas basados en modelos, como lo modelos internos de control motriz, son de especial interés, pues postulan representaciones disociadas de la acción i.e., simulaciones sensomotrices. En contraposición, las representaciones causales que tendrían en mente autores minimalistas como Penn y Povinelli consistirían en estados mentales, que al tiempo que rastrean variables ambientales controlan la acción. En el

mejor de los casos, estas representaciones permitirían a los organismos sacar provecho de las correlaciones estables entre estados observables del ambiente.

Asimismo, los sistemas basados en modelos ofrecen un marco conceptual para la concepción inflacionista de la cognición causal en animales no humanos. En primer lugar, las representaciones motrices poseen una estructura que en varios sentidos se asemeja a la estructura de nuestras representaciones lingüísticas sobre relaciones causales. Por ejemplo, ambos tipos de representaciones están compuestas por partes que están estructuradas de manera sistemática. Además, el sistema puede inferir que curso de acción seguir basado en las posibles trayectorias que el modelo simula. Y dado que las representaciones motrices, en este caso, no están ligadas directamente a la acción, los modelos directos posibilitarían funciones cognitivas como la simulación mental y la llamada imaginación mental. Este rasgo de los sistemas basados en modelos también es lo que hace posible la representación de relaciones causales en línea con el marco intervencionista de la causalidad.

Un modelo interno posibilita el tipo de representaciones contrafácticas que es esencial en un marco intervencionista pues permite representar las contingencias entre cambios hipotéticos en una variable y otro estado subsecuente, que resulta de intervenir esa variable (véase, por ejemplo, Daw, Niv, & Dayan, 2005; Dickinson & Balleine, 2002; Doya, 1999). Esto facilitaría la evaluación prospectiva de las consecuencias que tendría realizar ciertas acciones. Al hacer dicha evaluación, el sistema estaría en posición de tomar mejores decisiones sobre cuáles son los cursos de acción que se ajustan a sus objetivos.

Aún más importante es mostrar cómo un sistema basado en modelos que está contrafácticamente estructurado puede representar relaciones causales. Ante todo, un organismo representa relaciones causales entre dos estados ambientales si posee un modelo interno tal que en ese modelo, y bajo ciertas condiciones de trasfondo, una

intervención hipotética en una variable de un estado del ambiente, y sólo esa intervención, produce un cambio en el valor de otra variable de un estado resultante. Por ejemplo, un organismo puede tener un modelo interno que represente las transiciones entre cierta acción (doblar a la izquierda en la siguiente intersección) y un resultado B (encontrar la salida del laberinto) de tal manera que estipule que A, y sólo A, lleva al resultado B. Como hemos visto, en el contexto de la manipulación de herramientas el control de la acción recaería en modelos internos.

A su vez, el enfoque de los sistemas basados en modelos es importante para entender cómo animales, humanos y no humanos, en ocasiones representan incorrectamente relaciones causales de su entorno. Como vimos, un modelo interno produce una representación motriz que especifica las acciones que permiten la transición del estado A al estado B. Tal representación sería incorrecta si, por ejemplo, el estado B no fuera alcanzado aún cuando la intervención especificada fuera efectuada. Sin embargo, los modelos internos representarían relaciones causales aun cuando lo hicieran incorrectamente. En tal caso, serían varias las fuentes de error posible. En ocasiones nuestras representaciones causales no son correctas porque las estructuras causales subyacentes son demasiado sutiles o intrincadas. En otras ocasiones, se desconoce la clase correcta de variables para representar apropiadamente una relación causal entre estados ambientales (Woodward, 2007). También podría ocurrir que el error radique en la perspectiva (subjetiva o intersubjetiva) desde la cual se representa una relación causal. Esto es especialmente importante en el caso de los sistemas basados en modelos, pues, como vimos, adquirir una habilidad motriz consiste en aprender cómo responden los objetos a los movimientos de los efectores. Y, dado que las propiedades de los efectores varían según cada caso las representaciones motrices resultantes tendrían que definir parámetros que se ajusten a las especificidades de cada organismo.

Como vimos en el presente capítulo, evidencia muy reciente sugiere que los animales no sólo manipulan herramientas, sino que además exhiben gran flexibilidad en su desempeño. Esta flexibilidad estaría basada precisamente en la actividad de los modelos internos de control motriz. Faltaría por hacer estudios empíricos con animales que pongan a prueba algunas capacidades adicionales asociadas a los modelos internos. De particular interés resultaría comprobar si los animales exhiben lo que el filósofo John Campbell (2011) llama “sistematicidad en el uso de herramientas”: variaciones en las propiedades físicas de los utensilios se correlacionan sistemáticamente con variaciones en los parámetros de los comandos motrices generados durante las distintas fases de una tarea. Estas correlaciones permitirían que los movimientos de los efectores se ajustaran a los cambios en las propiedades de los utensilios empleados. Si bien estudios de este tipo han sido llevados a cabo con primates, arrojando resultados positivos, queda por ver si otras especies animales son capaces de exhibir el mismo tipo de flexibilidad asociada a los modelos directos. Igual de importante es el análisis del aprendizaje motriz. Cuando un modelo interno del ambiente tiene que ser aprendido, información previa sobre otros contextos puede ser extrapolada por el sistema con el fin de acelerar el aprendizaje o reducir los períodos de exploración. Por ejemplo, cuando los sujetos se dan cuenta que hay un límite en su capacidad para aprender a manipular cierta herramienta, suelen generalizar información proveniente de otros contextos. Los efectos de este tipo de generalizaciones también podrían ser medidos en animales no humanos.

Conclusiones

La Hipótesis de la Continuidad Mental ofrece una respuesta a la pregunta sobre cómo evolucionó la cognición. En esta disertación hemos buscado defender dicha respuesta. En el primer capítulo retomamos la definición darwiniana de continuidad psicológica interespecies. Posteriormente, vimos cómo las ciencias del comportamiento animal, y en particular la etología, asumieron como eje articulador la tesis darwiniana que presenta a la evolución de la cognición como a un proceso gradual y continuo. Esto permitió el desarrollo y la consolidación de tales disciplinas. Luego, consideramos la evidencia empírica relativa a las capacidades de los animales no humanos para manipular herramientas y aprender sobre relaciones causales. En este caso, y contrario a lo defendido por los conductistas, las diferencias entre nosotros y otros animales serían sólo de grado. Finalmente, en el cuarto capítulo apelamos a herramientas y teorías propias de las neurociencias cognitivas para sugerir que las semejanzas entre nosotros y el resto de especies animales serían más profundas de lo que habíamos pensado (aunque, como vimos, Darwin ya había llegado a una conclusión similar). Según la postura que he querido defender en esta última parte, compartiríamos con los animales no humanos partes importantes de nuestra arquitectura cognitiva.

En el futuro, esperamos profundizar, tanto empírica como conceptualmente, en algunas de las tesis presentadas en el capítulo cuarto. De especial interés resulta continuar desarrollando una propuesta conceptual entorno a los modelos internos de control motriz que nos permita apreciar su alcance en la cognición así como su relación con otros subsistemas (procesamiento del lenguaje, cognición espacial, etc.). Esto tanto en animales humanos como no humanos.

REFERENCIAS

- Anderson, J. R., Williamson, E. A. & Carter, J. (1983) "Chimpanzees of Sapo Forest, Liberia: density, nests, tools and meat-eating", *Primates*, 24: 594-601
- Albrecht, Helmut & Dunnet, Sinclair C. (1971) *Chimpanzees in Western Africa*, Piper.
- Bania, A. E., Harris, S., Kinsley, H. R., & Boysen, S. T. (2009) "Constructive and deconstructive tool modification by chimpanzees (*Pan troglodytes*)", *Animal Cognition*, 12(1):85-95.
- Beckers, T., Miller, R.R., De Houwer, J. & Waldmann, M.R. (2006) "Reasoning Rats: Forward Blocking in Pavlovian Animal Conditioning is Sensitive to Constraints of Causal Inference." *Journal of Experimental Psychology*, 135(1): 92-102.
- Beck, Benjamin (1980) *Animal tool behavior: The use and manufacture of Tools by Animals* (1th Edition), Garland STPM Press.
- Bindra, Dalbir (1976) *A Theory of Intelligent Behaviour*, John Wiley.
- Blaisdell, A.P., Sawa, K., Leising, K.J. & Waldmann, M.R. (2006) "Causal reasoning in rats", *Science*, 311(5763): 1020-1022.
- Blaisdell, A.P. Leising, K.J., Stahlman, W.D. & Waldmann, M.R. (2009) "Rats distinguish between absence of events and lack of information in sensory preconditioning", *International Journal of Comparative Psychology*, 22:1-18.
- Brehm, Alfred R. (1876 [1887]) "1. Abth. Säugethiere : Affen und Halfaffen, Flatterthiere, Raubthiere", *Thierleben*, Leipzig, Verlag des Bibliographischen Instituts.
- Boesch, C., & Boesch, H. (1982) "Optimisation of nut-cracking with natural hammers by wild chimpanzees", *Behaviour*, 83:265-285.
- Boesch, C., & Boesch, H. (1983) "Optimisation of nut-cracking with natural hammers by wild chimpanzees", *Behaviour*, 83:256-286
- Boesch, C. & Boesch, E. (1990) "Tool use and tool making in wild chimpanzees", *Folia Primatologica*, 54(1-2):86-99.
- Boesch, C. (1991) "Teaching in wild chimpanzees", *Animal Behaviour*, 41:530-32.
- Boesch, Christophe & Boesch-Achermann, Hedwige (2000) *The Chimpanzees of the Tâi Forest*, Oxford University Press.
- Boesch, C., Head, J., & Robbins, M. M. (2009) "Complex tool sets for honey extraction

- among chimpanzees in Loango National Park, Gabon”, *Journal of Human Evolution*, 56(6):560-569.
- Boinsky, S. (1998) “Sex Differences in the Foraging Behavior of Squirrel Monkeys in a Seasonal Habitat”, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 23(3):177-186.
- Bril, B., Dietrich, G., Foucart, J., Fuwa, K., & Hirata, S. (2009) “Tool use as a way to assess cognition: how do captive chimpanzees handle the weight of the hammer when cracking a nut?”, *Animal Cognition*, 12(2):217-235.
- Burghart, G. M. (2008) “The sun always rises: Scientists need semantics, too.” *Behavioral and Brain Sciences*, 31: 133-134.
- Buskes, Chris. (2009) El legado de Darwin, Herder.
- Call, J. (2004) “Inferences about the location of food in the Great Apes (*Pan paniscus*, *Pan troglodytes*, *Gorilla gorilla*, and *Pongo pygmaeus*).” *Journal of Comparative Psychology*. 118(2):231-241.
- Call, J. (2013) “Three ingredients for becoming a creative tool user”, en C.M. Sanz, J. Call & C. Boesch (eds.), *Tool use in animals: cognition and ecology* (pp.3-20), Cambridge University Press.
- Campbell, J. (2011) Why Do Language Use and Tool Use Both Count as Manifestations of Intelligence?”, en T. McCormack, C. Hoerl and S. Butterfill (eds.) *Tool Use and Causal Cognition*, Oxford University Press, 169-182.
- Coleman, William. (2002) La biología en el siglo XIX, Fondo de Cultura Económica.
- Chapman, G.B. (1991) “Trial order affects cue interaction in contingency judgment”, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 17:837-854.
- Chappell, J. & Kacelnik, A. (2004) “Selection of tool diameter by New Caledonian crows *Corvus moneduloides*”, *Anim Cogn*, 7(2):121-127.
- Cheney, D. & Seyfarth, R. (1990) How the monkeys see the world, The University of Chicago.
- Cheng, P.W. (1997) “From Covariation to Causation: A Causal Power Theory”, *Psychological Review*, 104(2):367-405.
- Cheng, P.W. & Buehner, M.J. (2012) “Causal learning and inference”, en K. Holyoak & R. Morrison (eds.) *Oxford Handbook of Thinking and Reasoning*.
- Chevalier-Skolnikoff, S. (1989) “Spontaneous tool use and sensorimotor intelligence in

- Cebus compare with other monkeys and apes”, *Behavioral and Brain Sciences*, 12:561-627.
- Chevalier-Skolnikoff, S. (1990) “Tool use by cebus monkeys at Santa Rosa National Park, Costa Rica”, *Primates*, 31:375-383.
- Clark, A. (2013) “Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science”, *Behav Brain Sci*, 36(3).
- Cook, T., & Campbell, D. (1979) *Quasi-Experimentation: Design and Analysis Issues for Field Settings*, Houghton Mifflin Company.
- Darwin, Charles. <<http://darwin-online.org.uk/>>.
- Darwin, Charles. (1871/1985) *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*, Princeton University Press.
- Darwin, Charles. (1876/2009) *The Origin of Species* (sixth edition), Cambridge University Press.
- Darwin, Charles. (1881/1945) *The Formation of Vegetable Mould*, Faber and Faber Limited.
- Darwin, Charles. (1890/2009) *The Expression of Emotions in Man and Animals*, Cambridge University Press.
- Darwin, Charles. (1987) *Charles Darwin's Notebooks 1836-1844*, Cornell University Press.
- Daw, N. D., Niv, Y., & Dayan, P. (2005) “Uncertainty-based competition between prefrontal and dorsolateral striatal systems for behavioral control”, *Nat Neurosci*, 8(12):1704-1711.
- Dawkins, Richard. (1976) *The Selfish Gene*, Oxford University Press.
- De la O-Rodríguez, C. & Montoya, B. (2012) “Biología del comportamiento animal: la etología como un puente en el estudio del comportamiento”, en G. Gutierrez y M. Papini (ed.) *Darwin y las ciencias del comportamiento*, Universidad Nacional de Colombia.
- De Resende, B.D. & Ottoni, E.B. (2002) “Brincadeira e aprendizagem do uso de ferramentas em macacos-prego (*Cebus apella*)”, *Estudos de psicologia*, 7(1):173-180.
- Denniston, J.C., Chang, R. C. & Miller, R.R. (2003) “Massive extinction treatment

- attenuates the renewal effect, *Learn. Moti* , 34: 68-86.
- Descartes, René (1637) *Discours de la méthode*, La Pléiade.
- Dewsbury, D.A. (2010) "Comparative Psychology", en D.K. Freedheim (ed.) *History of Psychology*, Vol. 1 of *Handbook of Psychology*, John Wiley & Sons.
- Dickinson, A., & Balleine, B. (2002) "The role of learning in motivation", en R. Gallistel (ed.), *Stevens' handbook of experimental psychology* (3rd ed., Vol. 3, pp. 497-533). New York: Wiley.
- Doya, K. (1999) "What are the computations of the cerebellum, the basal ganglia and the cerebral cortex?", *Neural Networks*, 12(7-8), 961-974.
- Donald, M. (1991) *Origins of the Modern Mind*, Harvard University Press.
- Eldredge, N. & Gould, S. J. (1972) "Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism", en Th.J.M. Schopf (ed.) *Models in paleobiology*, Freeman Cooper and Co.
- Edwards, B. J., Rottman, B. M., Shankar, M., Betzler, R., Chituc, A., Rodriguez, R., Silva, L., Wibecan, L., Widness, J., & Santos, L. R. (2014) "Do Capuchin Monkeys (*Cebus apella*) Diagnose Causal Relations in the Absence of a Direct Reward?", *PloS one*, 9(2), e88595.
- Ferster, C.B. & Skinner, B.F. (1957) *Schedules of Reinforcement*, Appleton-Century-Crofts.
- Fragaszy, D., Visalberghi, E. & Fedigan, L.M. (2004) *The Complete Capuchin, the biology of the Genus Cebus*. Cambridge University Press.
- Fragaszy D., Izar P., Visalberghi E., Ottoni E. & Oliveira M.D. (2004) Wild Capuchin Monkeys (*Cebus libidinosus*) Use Anvils and Stone Pounding Tools en: *American Journal of Primatology*, 64:359-366.
- Fragaszy, D. M., Greenberg, R., Visalberghi, E., Ottoni, E. B., Izar, P., & Liu, Q. (2010) "How wild bearded capuchin monkeys select stones and nuts to minimize the number of strikes per nut cracked" *Animal Behaviour*, 80(2):205-214.
- Frey, S. H., & Povinelli, D. J. (2012) "Comparative investigations of manual action representations: evidence that chimpanzees represent the costs of potential future actions involving tools", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 367(1585):48-58.

- Furlong, E. E., Boose, K. J., & Boysen, S. T. (2008) "Raking it in: the impact of enculturation on chimpanzee tool use", *Animal Cognition*, 11(1), 83-97.
- Gayon, J. (2012) "El árbol de la vida reconsiderado", en J. Martínez Contreras y A. Ponce de León (ed.), *Darwin y el evolucionismo contemporáneo*, Siglo XXI Editores-U
- Glock, H-J. (1999) "Animal mind: Conceptual Problems." *Evolution and Cognition*, 5(2):174-188.
- Goodall, Jane (1986) *The chimpanzees of Gombe: patterns of behavior*, Harvard University Press.
- Graham, George (2016) "Behaviorism", en E. Zalta (ed.) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL: <<http://plato.stanford.edu/archives/fall2016/entries/behaviorism/>>.
- Griffin, Donald (1976) *The Question of Animal Awareness*, Rockefeller University Press.
- Giudice A.M. & Pavé R. (2007) "Cebus paraguayanus in Zoos: The spontaneous expression of speciespecific behaviors", *Neotropical Primates*, 14(2): 65-71.
- Gutierrez, Gustavo & Papini, Mauricio (ed.) *Darwin y las ciencias del comportamiento*, Universidad Nacional de Colombia.
- Günther, M., & Boesch, C. (1993) "Energetic cost of nut-cracking behaviour in wild chimpanzees", en H. Preuschoft & D. J. Chivers (Eds.), *Hands of primates* (pp. 109-129). Wien, Austria: Springer.
- Inoue-Nakamura, N., & Matsuzawa, T. (1997) "Development of stone tool use by wild chimpanzees (*Pan troglodytes*)", *Journal of Comparative Psychology*, 111(2):159.
- Hagmayer, Y. & Sloman, S.A. (2009) "Decision makers conceive of themselves as interveners, not observers", *Journal of Experimental Psychology: General*, 1(1):1-11.
- Hannah, A.C. & McGrew, W.C. (1987) "Chimpanzees using stones to crack open oil palm nuts in Liberia", *Primates*, 28(1):31-46.
- Hamilton, W.D. (1970) "Selfish and spiteful behaviour in an evolutionary model", *Nature*, 228, 1228-1220.
- Haruno, M., Wolpert, D.M. & Kawato, M. (2001) "MOSAIC Model for Sensorimotor

- Learning and Control”, *Neural Computation*, 12:2201-2220.
- Haslam, M. (2013) “‘Captive bias’ in animal tool use and its implications for the evolution of hominin technology”, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1630), 20120421.
- Hausman, D. M. (1986) “Causation and Experimentation”, *American Philosophical Quarterly*, 23(2):143-154.
- Hausman, D. M. (1998) *Causal asymmetries*, Cambridge University Press.
- Heyes, C. (2012) “Simple minds: a qualified defence of associative learning.” *Phil. Trans. R. Soc. B*. 367:2695-2703.
- Houdé, Oliver, Kayser, D., Koenig, Oliver., Proust, Jöel & Rastier. F. (2003) *Diccionario de Ciencias Cognitivas*, Amorrortu editores.
- Hauser, Mark D. (2006) *Moral Minds: How Nature Designed Our Universal Sense of Right and Wrong*, Ecco/Harper Collins.
- Houwer, J.D. & Beckers, T. (2002a) “A review of recent developments in research and theories on human contingency learning”, *The Quarterly Journal Experimental Psychology*, Section B 55(4):289-310.
- Houwer, J.D. & Beckers, T. (2002b) “Higher-order retrospective revaluation in human causal learning”, *The Quarterly Journal Experimental Psychology*, Section B 55(2):137-151.
- Houwer, J.D., Beckers, T. & Glautier, S. (2002) “Outcome and cue properties modulate blocking”, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, 55(3): 965-985.
- Hunt, G. R. (1996) “Manufacture and use of hook-tools by New Caledonian crows”, *Science*, 379:249-251.
- Humle, T., & Matsuzawa, T. (2001) “Behavioural diversity among the wild chimpanzee populations of Bossou and neighbouring areas, Guinea and Côte d'Ivoire, West Africa”, *Folia Primatol*, 72:57–68.
- Hutchinson, J. M. C. & Gigerenzer. G. (2005) “Simple heuristic and rules of thumb: Where psychologist and behavioral biologist might meet.” *Behavioural Process*, 69, 97-124.
- Huxley, Thomas H. (1893). *Darwiniana*, Vol. 2 of *Collected Essays*, McMillan.

- Jacyna, S. (2009) "The most important of all the organs: Darwin on the brain." *Brain*, 132.
- Jeannerod, M. (1988) *The Neural and Behavioral Organization of Goal Directed Movements*, Clarendon Press.
- Jordan, M., & Wolpert, D. (1999) "Computational motor control", en: M. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neurosciences* (pp. 601-620). MA: MIT Press.
- Kamin, L. J. (1969) "Predictability, surprise, attention, and conditioning", en B. A. Campbell & R. M. Church (Eds.) *Punishment and aversive behavior* (pp. 279-296). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Kaneko, T., & Tomonaga, M. (2012) "Relative contributions of goal representation and kinematic information to self-monitoring by chimpanzees and humans", *Cognition*, 125(2):168-178.
- Kaneko, T., & Tomonaga, M. (2014) "Differential reliance of chimpanzees and humans on automatic and deliberate control of motor actions", *Cognition*, 131(3):355-366.
- Kant, Immanuel. (1836) *Metaphysics of Ethics*, Sempfe.
- Kawato, M. (1999) "Internal models for motor control and trajectory planning", *Current Opinion in Neurobiology*, 9(7):718-727.
- Köhler, Wolfgang (1917/1925) *The mentality of apes*, Harcourt, Brace & World.
- Koops, K., Visalberghi, E. & van Schaik, C. P. (2014) "The ecology of primate material culture", *Biology letters*, 10(11), 20140508.
- Kyamanywa, R. (2000) *A field trip report on Kasokwa-Rukondwa chimpanzees*.
- Langado, D. A., Newell B. R., Kahan, S. & Shanks, D. (2006) "Insight and strategy in multiple-cue learning", *Journal of Experimental Psychology: General*, 135(2):162-183.
- Langguth, A. & Alonso, C. (1997) "Capuchin Monkeys in the Caatinga: Tool Use and Food Habits during Drought", *Neotropical Primates*, 5(3):77-78.
- Lefebvre, L., Reader, S. M., & Sol, D. (2004) "Brains, innovations and evolution in birds and primates", *Brain, Behavior and Evolution*, 63(4):233-246.
- Lien, Y. & Cheng, P.W. (2000) "Distinguishing genuine from spurious causes: A coherence hypothesis", *Cognitive Psychology*, 40:87-137.
- Lethmate, J. (1977) "Problemlöseverhalten von Orang-Utans (*Pongo pygmaeus*)", *Fortschritte der Verhaltensforschung*, H.19.

- Lethmate, J. (1982) "Tool-using skills of orang-utans", *J. of Human Evolution*, 11:49-64,
- Lorenz, Konrad (1973) *Motivation of Human and Animal Behavior: An Ethological View*, D. Van Nostrand Co.
- Lorenz, K. (1974) "Analogy as a source of knowledge." *Science*, 185: 229-234.
- Nishida, T., Corp. N., Hamai, M., Hasegawa, T., Hiraiwa-Hasegawa, M., Hosaka. K., Hunt, K., Hoh, N., Kawanaka, K., Matsumoto-ada, A., Mitani, J., Nakamura, M., Norikoshi, K., Sakamaki, T., Turner, L., Uehara, S. & Zamma, K. (2003) "Demography, female life history, and reproductive profiles among the chimpanzees of Mahale", *Am. J. Primato*, 59, 99-121.
- Mai, L. L., Young, M. & Kerstein, M. P. (2005) *The Cambridge Dictionary of Human Biology and Evolution*, Cambridge University Press.
- Malthus, Robert (1826/1914) *An essay on the principle of population* (sixth edition), Everyman.
- Mangalam, M., & Fragaszy, D. M. (2015) "Wild Bearded Capuchin Monkeys Crack Nuts Dexterously", *Current Biology*.
- Manning, A. & Dawkins, M.S. (1998) *An introduction to animal behaviour* (5th ed.). Cambridge University Press.
- Mannu, M., & Ottoni, E. B. (2009) "The enhanced tool-kit of two groups of wild bearded capuchin monkeys in the Caatinga: tool making, associative use, and secondary tools", *American Journal of Primatology*, 71(3):242-251.
- Manrique, H. M., & Call, J. (2011) "Spontaneous use of tools as straws in great apes", *Animal Cognition*, 14(2), 1-14.
- Manrique, H. M., Gross, A. N. M., & Call, J. (2010) "Great apes select tools on the basis of their rigidity", *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 36(4):409-422.
- Manrique, H. M., Sabbatini, G., Call, J., & Visalberghi, E. (2011) "Tool choice on the basis of rigidity in capuchin monkeys", *Animal Cognition*, 14(6):775-786.
- Martín-Ordás, G. y Call, J. (2012) "Luces y sombras en el pensamiento de Darwin en relación con la evolución cognitiva de las especies", en G. Gutierrez y M. Papini (ed.), *opus cit.*
- Martínez-Contreras, J. (2010) "Darwin's Apes and 'Savages'", en *Comptes Rendus*

Biologie, 333: 166-73 (ISSN: 1768-3238).

- Mayr, Ernst (1982) *The Growth of Biological Thought*, Harvard University Press.
- Macphail, E.M. (1982) *Brain and intelligence in vertebrates*, Clarendon Press.
- Morgan, Conwy Lloyd (1894) *An introduction to comparative psychology*, W. Scott.
- Moura, A.C. & Lee, P.C. (2004) "Capuchin stone tool use in Caatinga dry forest", *Science*, 306(5703):1909.
- Mulcahy, N.J., Call, J. & Dunbar, R.I. (2005) "Gorillas (*Gorilla gorilla*) and orangutans (*Pongo pygmaeus*) encode relevant problem features in a tool-using task", *J. Comp. Psychol*, 119(1):23-32.
- Mulcahy, N.J. & Call, J. (2006) "How great apes perform on a modified trap-tube task", *Anim Cogn*, 9(3):193-199.
- Ockham, William (1986a) *Scriptum in Librum Primum Sententiarium (Ordinatio)*, en G.J. Gal y R. Wood (eds.) *Opera Theologica (Vol.V)*, Franciscan Institute Press.
- Ockham, William (1986b) *Tractatus de Corpore Christi*, en C. Grassi (ed.) *Opera Theologica (Vol. X)*, Franciscan Institute Press.
- Olbi, R. (2009) "Variation and Inheritance", en M. Ruse y R. Richards (ed.) *The Cambridge Companion to The "Origin of Species"*, Cambridge University Press.
- Otoni, E.B. & Mannu, M. (2001) "Semifree-ranging tufted capuchins (*Cebus apella*) spontaneously use tools to crack open nuts", *International Journal of Primatology*, 22(3):347-358.
- Pacherie, E. (2008) "The phenomenology of action: A conceptual framework", *Cognition*, 107(1):179-217
- Parkay, F.W & Hass, G. (2000) *Curriculum Planning (7th Ed.)*, Allyn & Bacon.
- Paillard, J. (1996) "Fast and slow feedback loops for the visual correction of spatial errors in a pointing task: a reappraisal", *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 74:401-417.
- Papini, M. (2012) "Continuidad (y discontinuidad) mental (y neural)", en G. Gutierrez y M. Papini (ed.), *opus cit.*
- Pavlov, Ivan (1927) *Conditioned Reflexes*, Dover.
- Pavlov, Ivan (1955) *Selected Works*, Foreign Languages Publishing House.
- Pearce, J.M. & Bouton, M.E. (2001) "Theories of associative learning in animals." *Annu*

Rev Psychol, 52: 111-39.

Pearl, Judea (2000). *Causality*, Cambridge University Press.

Penn, D.C. & Povinelli, D.J. (2007) "Causal Cognition in Human and Nonhuman Animals: A Comparative, Critical Review." *Annual Review of Psychology*, 58:97-118.

Penn, D.C., Hoyoak, K.J., & Povinelli, D.J. (2008) "Darwin's mistake: Explaining the discontinuity between human and nonhuman animals." *Behavioral and Brain Sciences*, 31:109-178.

Petri, H.L. & Govern, J.M. (2004) *Motivation* (5th ed.), Wadsworth/Thompson.

Pinker, S. (1994) *The Language Instinct*, Harper Perennial Modern Classics.

Povinelli, Daniel J. (2003) *Folk Physics for Apes: The Chimpanzee's Theory of How The World Works*. Oxford University Press.

Povinelli, D. J., Reaux, J. E., & Frey, S. H. (2010) "Chimpanzees' context-dependent tool use provides evidence for separable representations of hand and tool even during active use within peripersonal space", *Neuropsychologia*, 48(1):243-247.

Povinelli, D.J. & Penn, D.C. (2011) Through a floopy tool darkly: Toward a conceptual overthrow of animal alchemy, en T. McCormack, C. Hoerl & S. Butterfill, (eds.), *Tool Use and Causal Cognition*, Oxford University Press.

Rescorla, R.A. (1979) "Aspects of the reinforcer learned in second-order Pavlovian conditioning", *Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Process*, 5: 79-95.

Ritchie, B.G. & Fragaszy, D.M. (1988) "Capuchin monkey (*Cebus apella*) grooms her infant's wound with tools", *American Journal of Primatology*, 16:345-348.

Roberts, S. & Church, R.M. (1978) "Control of an internal clock", *Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Process*, 4: 318-337.

Rosas, A. (2012) "El proyecto de explicación darwinista del comportamiento moral", en G. Gutierrez y M. Papini (ed.), *opus cit.*

Romanes, George J. (1886) *Animal Intelligence* 4th edn, Kegan Paul.

Robinson, H. B. (1964) "An experimental examination of the size-weight illusion in young children", *Child Development*, 35(1):91-107.

Ruse, M. (2012) "Naturaleza y estructura del argumento en *El origen de las especies*",

en G. Gutierrez y M. Papini (ed.), *opus cit.*

Russon, A.E., Kuncoro, P., Ferisa, A. & Handayani, D.P. (2010) "How Orangutans (*Pongo pygmaeus*) Innovate for Water", *Journal of Comparative Psychology*, 124(1):14-28.

Ryle, Gilbert (1949) *The Concept of Mind*, Hutchinson.

Quine, Wilhelm Omar (1960) *World and Object*, MIT Press.

Sabbatini, G., Meglio, G., & Truppa, (2016) "Motor planning in different grasping tasks by capuchin monkeys (*Sapajus spp.*)", *Behavioural Brain Research*, 312:201-211.

Sakura, O. & Matsuzawa, T. (1991) "Flexibility of Wild Chimpanzee Nut-cracking Behavior Using Stone Hammers and Anvils: an Experimental Analysis", *Ethology*, 87(3-4):237-248

Santos, L. R., Pearson, H. M., Spaepen, G. M., Tsao, F., & Hauser, M. D. (2006) "Probing the limits of tool competence: Experiments with two non-tool-using species (*Cercopithecus aethiops* and *Saguinus oedipus*)", *Animal Cognition*, 9(2), 94-109.

Sanz, C., Morgan, D., & Gulick, S. (2004) "New insights into chimpanzees, tools, and termites from the Congo basin", *American Naturalist*, 164(5):567-581.

Savage, T. y Wyman, J. (1843-1844) Observations on the external characters and habits of the *Troglodytes niger Geoff.* and on its organization. *Boston Journal of Natural History*, 4, 362-368.

Searle, J. (2013) "Theory of mind and Darwin's legacy" en: F. Ayala (ed.) *In the light of evolution VII: The human mental machinery*. Proc. Natl. Acad. Sci.

Seed, A., Hanus, D. & Call, J. (2011) "Causal knowledge in corvids, primates and children: More than meets the eye?", en T. McCormack, C. Hoerl, & S. Butterfill (Eds.), *Tool Use and Causal Cognition*, (pp. 89-110). Oxford: Oxford University Press.

Schrauf, C., Call, J., Fuwa, K., Hirata, S., & Santos, L. (2012) "Do chimpanzees use weight to select hammer tools", *PLoS One*, 7(7), e41044-e41044.

Schrauf, C., Huber, L., & Visalberghi, E. (2008) "Do capuchin monkeys use weight to select hammer tools?", *Animal Cognition*, 11(3):413-422.

Shanks, David (1995) *The psychology of associative learning*, Cambridge University

Press.

- Shumaker, Robert W., Walkup, Kristina & Beck, Benjamin (2011) *Animal tool behavior: The use and manufacture of Tools by Animals*, John Hopkins University Press.
- Schuster, Gerd, Willie, Smits & Jay, Ullal (2008) *Thinkers of the Jungle: The Orangutan Report*, H.F. Ullmann.
- Sirianni, G., Mundry, R., & Boesch, C. (2015) "When to choose which tool: multidimensional and conditional selection of nut-cracking hammers in wild chimpanzees", *Animal Behaviour*, 100:152-165.
- Skinner, Burrhus, F. (1938) *The Behaviour of Organisms*, Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1977) "Herrnstein and the evolution of behaviourism", *American Psychologist*, vol. 24: 117-120.
- Sloman, S. A. & Hagmayer, Y. (2006) "The causal psychologic of choice", *Trends in Cognitive Sciences*, 10:407-412.
- Spelke, E.S. & Kinzler, K.D. (2007) "Core knowledge", *Developmental science*, 10: 89-96.
- Spencer, H. (1868) Letter to Mr. Mill in Bain's 'Mental and Moral Science'.
- Sober, Elliot (2015) *Ockahm's Razors*, Cambridge University Press.
- Sugiyama Y. (1989) Description of some characteristic behaviors and discussion on their propagation process among chimpanzees of Bossou, Guinea, en: Y. Sugiyama (ed.) *Behavioral studies of wild chimpanzees at Bossou, Guinea*. Primate Research Institute, Kyoto University: Report for the Grant-in-aid of the Ministry of Education, Science, Sports, and Culture, Japan.
- Taylor, A.H., Hunt, G.R., Medina, F.S. & Gray, R.D. (2009) "Do New Caledonian crows solve physical problems through causal reasoning?", *Proceedings of the Royal Society B*, 276:247-254.
- Tibergen, N. (1963) "On aims and methods in ethology", *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 20, 410-433.
- Thorndike, Edward Lee (1898) "Animal intelligence: An experimental study of the associative process in animals", *Psychological Review, Monograph Supplements*, vol. 2, no 8: 1-109.
- Thorndike, Edward Lee (1913) *Educational Psychology*, Teachers College.

- Tolman, E.C. (1925) "Purpose and cognition: the determiners of animal learning", *Psychological Review*, 32: 285-297.
- Tolman, E.C. (1933) "Sight-Gestalt or conditioned reflex?", *Psychological Review*, 40:246-255.
- Tolman, E.C. (1948) "Cognitive maps in rats and men", *Psychological Review*, 55:189-208.
- Tolman, E.C. (1959) "Principles of purposive behaviour", en S. Koch (ed.) *Psychology: A Study of a Science*, Vol. 2, McGraw-Hill.
- Van Lawick-Goodall, J. (1968) "The behaviour of free-living chimpanzees in the Gombe Stream Reserve", *Animal Behaviour Monographs*, 1:161-311.
- Vauclair, J.L. (1995) *L'intelligence de l'animal*, Seuil.
- Vauclair, J.L. (1997) *La cognition animale*, PUF.
- Visalberghi, E., & Trinca, L. (1989) "Tool use in capuchin monkeys: distinguishing between performing and understanding", *Primates*, 30(4):511-521.
- Visalberghi, E., Savage-Rumbaugh, E. S., & Fragaszy, D. M. (1995) "Performance in a tool-using task by common chimpanzees (*Pan troglodytes*), bonobos (*Pan paniscus*), an orang utan (*Pongo pygmaeus*) and capuchin monkeys (*Cebus apella*)", *Journal of Comparative Psychology*, 109(1), 52-60.
- Visalberghi E., Addessi E., Truppa , Spagnoletti N., Ottoni E., Izar P. & Fragaszy, D. (2009) "Selection of effective of stone tools by wild capuchin monkeys", *Current Biology*, 19:213-217.
- Visalberghi E., Fragaszy D., Ottoni E., Izar P., Oliveira M. D. & Andrade F (2007) "Characteristics of hammer stones and anvils used by wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) to crack open palm nuts", *American Journal of Physical Anthropology*, 132:426-444.
- Visalberghi, E., Addessi, E., Truppa , Spagnoletti, N., Ottoni, E., Izar, P., & Fragaszy, D. (2009) "Selection of effective stone tools by wild bearded capuchin monkeys", *Current Biology*, 19(3):213-217.
- Visalberghi, E., Sirianni, G., Fragaszy, D., & Boesch, C. (2015) "Percussive tool use by Tai Western chimpanzees and Fazenda Boa Vista bearded capuchin monkeys: a comparison", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*:

- Biological Sciences*, 370(1682):20140351.
- Völter, C. & Call, J. (2014) "Great apes (*Pan paniscus*, *Pan troglodytes*, *Gorilla gorilla*, *Pongo abelii*) follow visual trails to locate hidden food", *Journal of Comparative Psychology*, 128(2):199-208.
- Völter, C. J., Sentís, I., & Call, J. (2016) "Great apes and children infer causal relations from patterns of variation and covariation", *Cognition*, 155:30-43.
- Waldmann, M.R. & Dieterich, J.H. (2007) "Throwing a bomb on a person versus throwing a person on a bomb: intervention miopia in moral intuitions", *Psychol Sci*. 18(3): 247-253.
- Walker, Stephen (1983) *Animal Thought*, Routledge & Kegan Paul.
- Watts, D.P. (2008) "Scavenging by chimpanzees at Ngogo and the relevance of chimpanzee scavenging to early hominin behavioral ecology", *J. Hum. Evol.*, 54(1):125-133.
- Wasserman, E.A. & Castro, L. (2005) "Surprise and change: Variations in the strength of present and absent cues in causal learning", *Learning & Behavior*, 33:131- 146.
- Wasserman, E.A. & Miller, R.R. (1997) "What's elementary about associative learning?" *Annu Rev Psychol*, 48:573-607.
- Westergaard, G.C. & Suomi, S.J. (1994) "Aimed throwing of stones by tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*)", *Human Evolution*, 9:323-329.
- Westergaard, G.C. & Suomi, S.J. (1995) "Stone throwing by capuchins (*Cebus apella*): A model of throwing capabilities in *Homo habilis*", *Folia Primatologica*, 65:234-238.
- Westergaard, G.C. & Suomi, S.J. (1997) "Transfer of tools and food between groups of tufted capuchins (*Cebus apella*)", *American Journal of Primatology*, 43:33-41.
- Westergaard, G.C. & Fragaszy, D.M. (1987) "Self-treatment of wounds by capuchin monkeys (*Cebus apella*)", *Human Evolution*, 1:557-562.
- Westergaard, G.C., Liv, C., Hayne, M.K. & Suomi, S.J. (2000) "A comparative study of aimed throwing by monkeys and humans", *Neuropsychologia*, 38(11): 1511-7.
- Westergaard, G.C., Greene, J.A., Menuhin-Hauser, C. & Suomi, S.J. (1996) "The emergence of naturally-occurring copper and iron tools by monkeys: Possible implications for the emergence of metal-tool technology in hominids", *Human*

Evolution, 11:17-25.

Wheeler, D.S., Beckers T. & Miller, R.R. (2008) "The effect of subadditive pretraining on blocking: Limits on generalization", *Learn Behav*, 36(4): 341-351.

Williams, Bernard (1978) *Descartes: The Project of Pure Enquiry*, Routledge.

Wolpert, D. & Flanagan, R. (2001) "Motor prediction", *Current Biology*, 11(18), 729-732.

Wolpert, D., Ghahramani, Z., & Flanagan, R. (2001) "Perspectives and problems in motor learning", *TRENDS in Cognitive Sciences*, 5(11):487-494.

Wolpert, D. & Flanagan, R. (2010) "Motor Learning", *Current Biology*, 20(11):467-472.

Woodward, J. (2010) "Causation in biology: stability, specificity, and the choice of levels of explanation", *Biology & Philosophy*, 25(3):287-318.

Woodward, James (2013) *Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation*, Oxford University Press.

Zander, S. L., & Judge, P. G. (2015) "Brown capuchin monkeys (*Sapajus apella*) plan their movements on a grasping task", *Journal of Comparative Psychology*, 129(2):181-188.



LA COGNICIÓN COMO FENÓMENO BIOLÓGICO.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 11:00 horas del día 9 del mes de mayo del año 2017 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. JORGE MARTINEZ CONTRERAS
DR. JOSE LUIS VERA CORTÉS
DRA. AURA LETICIA PONCE DE LEON CONTRERAS

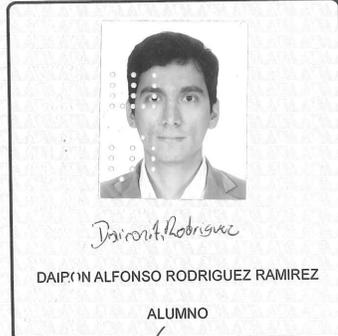
Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretaria la última, se reunieron a la presentación de la Disertación Pública cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

DOCTOR EN HUMANIDADES (FILOSOFIA)
DE: DAIRON ALFONSO RODRIGUEZ RAMIREZ

y de acuerdo con el artículo 78 fracción IV del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

Aprobar

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.



REVISÓ

LIC. JULIO CESAR DE LARA ISASSI
DIRECTOR DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CSH

DRA. JUANA JUAREZ ROMERO

PRESIDENTE

DR. JORGE MARTINEZ CONTRERAS

VOCAL

DR. JOSE LUIS VERA CORTÉS

SECRETARIA

DRA. AURA LETICIA PONCE DE LEON CONTRERAS