



¿Puede un hábito volverse instinto? La relación entre el aprendizaje y la evolución

El aprendizaje: un factor poco tenido en cuenta en la biología evolutiva

por **Leonardo González Galli**

leomgalli@gmail.com

La teoría de la evolución es, por muchas razones bien conocidas, uno de los contenidos más importantes de la educación científica general y obligatoria. También sabemos que se trata de un conjunto de modelos cuya comprensión no es nada fácil de alcanzar. Los y las docentes de biología tenemos, pues, un interesante desafío por delante. Para complicar más el panorama, la biología evolutiva es una disciplina que se encuentra en un estado de revisión y reformulación cuyo resultado será, según las opiniones más o menos revolucionarias, una nueva teoría evolutiva que en poco recuerde a la darwiniana "Teoría sintética de la evolución" ("La Síntesis" de aquí en adelante) o bien una versión expandida de la misma que conservará su corazón darwiniano. El punto es que varios autores cuestionan actualmente, algunos de los supuestos de La Síntesis. Uno de esos supuestos es aquel que considera al material genético como la única vía de herencia transgeneracional de rasgos biológicos.

Eva Jablonka y Marion Lamb (2013) en su recomendable libro: *Evolución en cuatro dimensiones*, sostienen que, además de la genética, hay otras tres vías de herencia transgeneracional: la epigenética, la conductual y la simbólica. La epigenética se refiere a ciertos mecanismos que regulan la expresión de los genes (por ejemplo, la metilación de la cromatina) y que en algunos casos y en ciertos organismos, podrían permitir la herencia de patrones específicos de expresión génica de una generación a la siguiente. La herencia simbólica alude a aquella permitida por el lenguaje verdadero, un rasgo exclusivo del ser humano. Finalmente, la herencia conductual se refiere a la herencia de patrones de comportamiento a través de las generaciones facilitada por el aprendizaje en ciertos animales (incluido, por supuesto, el ser humano). Como veremos, las ideas que discutiremos en este artículo no son en ningún sentido anti-darwinianas pero sí se

Leonardo González Galli es Dr. en Ciencias Biológicas y Profesor de Enseñanza Media y Superior en Biología por la Universidad de Buenos Aires (UBA). Realizó su tesis doctoral sobre obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. Actualmente se desempeña como Investigador Asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) y como Profesor Adjunto en el Profesorado de Biología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Es parte del Grupo de Didáctica de la Biología (CeFIEC, FCEN, UBA). También dicta clases en la Escuela Argentina de Naturalistas (perteneciente a la ONG Aves Argentinas / Asociación Ornitológica del Plata), institución de la que fue director durante el período 2011-2015. Su actual línea de investigación se centra en los problemas para el aprendizaje y la enseñanza de los modelos de la biología evolutiva, tema sobre el que ha publicado numerosos artículos en revistas especializadas y capítulos de libros y ha dictado conferencias y cursos de formación docente.

Figura de portada: mediante mecanismos conocidos de aprendizaje, algunas poblaciones de animales pueden desarrollar tradiciones –como la habilidad para abrir nueces con piedras–, hábitos particulares que se transmiten de generación en generación, pero ¿pueden estos hábitos volverse instintivos? Figura: Leonardo González Galli

centran en algunos aspectos del proceso evolutivo que han sido poco tenidos en cuenta por La Síntesis.

Es algo bien sabido y documentado que poblaciones enteras de ciertos animales no humanos (como algunos primates y cetáceos) son capaces de adquirir nuevos hábitos y que, después dichos hábitos, son pasados a las nuevas generaciones mediante aprendizaje social. Está, por ejemplo, el caso paradigmático de la mona japonesa *Imo* que aprendió a lavar alimentos en agua salada, costumbre que pronto fue adquirida por toda la tropa y luego, mantenida a través de las generaciones. Ahora bien, nuestra pregunta es: ¿tiene alguna relación esto con la evolución biológica de base genética?

Muchas personas creen ingenuamente que los hábitos adquiridos terminan, *con el tiempo*, volviéndose *instintivos* (es decir, que deja de ser necesario aprenderlos). En esta perspectiva ingenua, el paso del tiempo parece tener *per se*, un poder causal y explicativo: el solo paso de las generaciones haría que el hábito se volviera instinto. Así formulada, esta creencia es errónea: el mero paso del tiempo no tiene ese efecto. Sin embargo, sí existe la posibilidad de que, dadas ciertas condiciones, se produzca ese curioso resultado. El llamado "Efecto Baldwin" (Recuadro 1) es una posible explicación de cómo un hábito aprendido podría terminar siendo instintivo y de eso, se trata este artículo.

RECUADRO 1

Una familia de ideas con varios autores

El nombre "Efecto Baldwin" es un homenaje a quien lo propuso, el psicólogo estadounidense James Baldwin (1861-1934), cuyo modelo pretendía superar el dualismo entre innatismo y ambientalismo. Ideas semejantes fueron desarrolladas por varios autores de modo independiente, entre ellos: Spalding, D. (1841-1877), Lloyd Morgan, C. (1852-1936), Osborn, H. F. (1857-1935), Gause, G. F. (1947), Schmalhausen, I. I. (1884-1963) y Waddington, C. (1905-1975).

Baldwin, por supuesto, no habló de "Efecto Baldwin" sino de *selección orgánica* y *ortoplasia*. Hay diferencias entre las propuestas de estos autores que omitiré pero todas compartían el hecho de relacionar la capacidad de aprendizaje de los individuos (o la plasticidad fenotípica en general) con la evolución. También es interesante señalar que Jean Piaget, que era biólogo de formación, realizó investigaciones experimentales sobre temas relacionados y los trató en un par de libros, entre ellos: *Biología y conocimiento* de 1967.

1- La elección de que la protagonista sea una hembra no es arbitraria: varios investigadores de la cultura animal sostienen que, en general, las innovaciones se deben a hembras jóvenes.

2- Es decir, no están imitando a Tita. La verdadera imitación supone cierta intencionalidad que, por ejemplo, permite al imitador seleccionar qué aspectos de la conducta del modelo reproducir y cuáles no. En este sentido, es objeto de debate si existen animales no humanos que realmente puedan imitar.

Cultura y tradiciones en animales no humanos: una historia imaginaria

Comencemos con una historia imaginaria (pero muy plausible). La historia transcurre en un bosque en el que vive una horda de monos. En este bosque hay disponibles, en gran cantidad, unas nutritivas pero duras nueces. Estos monos nunca comen las nueces y se alimentan de otras frutas.

Un día, una mona¹ especialmente innovadora (llamémosla Tita) descubrió mientras manipulaba nueces y piedras juguetonamente, cómo usar las piedras para abrir una nuez. Técnicamente, este hallazgo podría haberse producido por un mecanismo de aprendizaje simple conocido como *condicionamiento operante* o, más llanamente, ensayo y error. Al interactuar con el entorno, de un modo más o menos aleatorio, el animal ejecuta una acción cuya consecuencia experimenta como placentera, de modo que luego repite la acción buscando el *premio*. Inicialmente, fue solo un golpe de suerte pero con consecuencias que, como veremos, pueden llegar lejos.

En realidad no es necesario suponer que un individuo *genial* hace un gran descubrimiento. El mismo escenario (todos los monos intentando y aprendiendo a abrir nueces) se daría si, por ejemplo, tuviera lugar un cambio ambiental (la zona habitada por los monos es colonizada por la planta productora de nueces, antes ausente) o si, lo que es equivalente, los monos colonizaran un nuevo ambiente (en el que, a diferencia de su antiguo hogar, abundan las nueces). De hecho, esto es más realista, ya que sería raro que animales como los monos no intentaran abrir nueces. Pero es interesante plantear el proceso a partir de un hallazgo individual porque se trata de un caso también plausible y que permitiría entender diferencias culturales entre poblaciones animales cuyos ambientes no difieren sensiblemente.

Volvamos a nuestra historia. Tita no se propuso abrir la nuez ni ideó premeditadamente el uso de la piedra pero la recompensa fue grande: la nuez es deliciosa. Entusiasmada por la recompensa repite la maniobra una y otra vez. De a poco va perfeccionando la técnica y cada vez abre las nueces con más precisión y rapidez. Se ha convertido en una experta abridora de nueces. Al ver a Tita pasarse horas manipulando nueces y piedras, los demás monos comienzan a acercarse curiosos y a experimentar ellos mismos con esos objetos a los que hasta entonces, habían prestado poca atención. De este modo, todos (o casi) los monos de la horda terminan por descubrir por sí mismos cómo abrir las nueces. Cada uno de ellos aprende por ensayo y error, tal como Tita aprendió por primera vez², pero esta

Las bases neuronales del aprendizaje

No debemos darle al conocimiento instintivo ninguna connotación mágica. Aprender algo supone sufrir cierta modificación en las conexiones y/o patrones de actividad neuronal como consecuencia de ciertas interacciones con el medio. Si un individuo nace, como resultado de una o más mutaciones, con dicho patrón de conectividad y actividad neuronal ya *cableado*, entonces podemos decir que ya nace con ese conocimiento, un conocimiento que quienes no portan esas mutaciones solo podrán adquirir mediante el aprendizaje. En este sentido, podemos hablar de *conocimiento instintivo*.

experiencia de aprendizaje estuvo facilitada por el hecho de observar a Tita abrir nueces. Técnicamente, este sería un caso de aprendizaje por facilitación social. La habilidad de abrir nueces se expande así *horizontalmente* (entre individuos contemporáneos). Esta destreza pasa luego a las nuevas generaciones ya que las crías también centran su atención en las nueces y las piedras al ver a los adultos hacerlo. La habilidad de abrir nueces con piedras se expande ahora *verticalmente* (entre generaciones).

De este modo, al presente, todos los monos abren y consumen las ricas y nutritivas nueces. Sin embargo, en una horda de monos de la misma especie que vive a pocos kilómetros esta habilidad está totalmente ausente. Allí, ninguna Tita descubrió el secreto de cómo abrir nueces y, por lo tanto, nadie lo hace. Para decirlo de otro modo, abrir nueces es una *tradición* específica e idiosincrática de la población en la que vive Tita. Este caso es un ejemplo de cultura en animales no humanos. Dado que esto tiene semejanzas, pero también importantes diferencias, con el caso humano, algunos autores prefieren hablar de "protocultura"³.

La genética entra en escena

Hasta ahora nuestra historia fue un relato de nuevas costumbres aprendidas en el que la genética de los organismos implicados no entró en juego. Para comprender cómo podría suceder eso imaginemos que abrir las nueces al modo del experto requiere ejecutar cinco acciones consecutivas que denominaremos A, B, C, D y E. Cada una de estas acciones insume dos minutos, de modo que la operación completa requiere diez minutos de trabajo antes de poder saborear la nuez. Supongamos también, que llegar a dominar este arte demanda en *promedio*, cinco meses de aprendizaje. El hábito de abrir nueces se ha instalado en esta población de tal modo que las nueces han pasado a constituir una parte importante de la dieta de estos monos. Lo que esto significa es que la habilidad para abrir nueces tiene ahora un altísimo valor de supervivencia. Para decirlo en términos darwinianos, el *éxito reproductivo* de un individuo depende fuertemente de esta destreza.

Ahora bien, hemos dicho que la mayoría de los monos adquieren esta habilidad tras un período *promedio* de cinco meses de aprendizaje. Pero la palabra *promedio* es clave. En realidad, algunos lo logran antes y otros, demoran más. No es difícil imaginar que ciertos individuos sean mejores aprendices que otros en virtud de su particular constitución genética. Imaginemos, por ejemplo, que los portadores de la mutación M1 adquieren la capacidad de abrir nueces en cuatro meses en vez de en cinco y que esto, se debe a que ya nacen con la capacidad instintiva (no requiere ser aprendida) de ejecutar el primer paso del

proceso (Recuadro 2); el paso A. Solo tienen que aprender los cuatro pasos restantes, por lo que tardan un mes menos que el promedio. Si todo lo que dijimos es cierto, los portadores de esta mutación tendrán un mayor éxito reproductivo que los demás ya que comenzarán a disfrutar de los beneficiosos efectos nutritivos del consumo de nueces antes y, además, gastarán menos tiempo y energía en aprender. Como consecuencia de esto, la frecuencia de individuos con M1 se incrementará generación tras generación hasta, eventualmente, *fijarse* en la población, esto es, hasta que el cien por ciento (o casi) de los individuos sean portadores de dicha mutación.

En síntesis, tuvo lugar un proceso de *selección natural* a favor de M1 debido a las ventajas que esta variante génica implicaba en relación con la ingesta de nueces. Ahora lo típico en nuestra población de monos es que todos tarden cuatro meses en aprender abrir las nueces: nacen sabiendo ejecutar A y solo deben aprender B, C, D y E.

Imaginemos ahora un proceso equivalente y posterior al descrito a favor de una nueva mutación M2 que hace que su portador nazca sabiendo ejecutar el segundo paso, B. Lo más probable es que los afortunados poseedores de M2 ya porten también M1, dado que esta mutación era muy frecuente en la población como consecuencia del proceso selectivo ya descrito. Ahora, la selección incrementará la frecuencia de M2 de modo que transcurrido cierto número de generaciones casi todos tendrán M1 + M2. En este punto lo típico es entonces, que los monos tarden solo tres meses en aprender a abrir las nueces; solo deben aprender los pasos C, D y E. Y ya puede sospechar el lector o la lectora, cómo va a terminar este cuento. Si suponemos procesos de selección sucesivos y equivalentes a los anteriores a favor de nuevas mutaciones (M3, M4...) que impliquen la capacidad de ejecutar instintivamente los pasos restantes, terminaremos con una población de monos en la que cada individuo nace sabiendo abrir nueces sin ninguna necesidad de aprender esta destreza. Así, lo que

3- Por ejemplo, en muchas culturas humanas se observa un progreso sin límites en la mejora de las técnicas mientras que las culturas de animales no humanos no exhiben ningún cambio direccional y acumulativo que pueda considerarse progresivo.

comenzó siendo un hábito descubierto por un individuo y aprendido por toda la tropa ahora es un instinto. Este mecanismo se conoce como "Efecto Baldwin".

¿Qué tiene de especial la historia que contamos?: "Efecto Baldwin" y selección natural

De acuerdo con nuestra historia, la capacidad instintiva para abrir las nueces es una adaptación en el sentido técnico del término en biología evolutiva, es decir, un rasgo cuya frecuencia en la población se ha incrementado mediante un proceso de *selección natural* (SN) ¿Qué tiene entonces de especial esta historia? A pesar de que este mecanismo es *complementario* (y no *alternativo*, como pretenden algunos autores) con el de SN son varios los aspectos que hacen que suponga un interesante matiz en relación con las explicaciones darwinianas estándar.

Uno de los rasgos que debemos destacar es que este proceso de SN no hubiera tenido lugar sin la innovación de un individuo concreto (Tita) o sin un cambio en los hábitos de la horda por otros motivos. Al comenzar la historia, asumimos que ningún mono se dedicaba a abrir nueces con piedras. En esas circunstancias, si un individuo hubiera nacido con la mutación M1 (Recuadro 3) dicha mutación no habría sido seleccionada ya que su efecto solo se evidencia cuando el individuo manipula nueces y piedras, cosas que estos monos no hacían. Para decirlo de otro modo, en ausencia del hábito (aprendido) de abrir nueces con piedras esta mutación es selectivamente neutra, es *invisible* a la selección natural. Si los monos no hubieran comenzado a abrir nueces –como consecuencia del aprendizaje- entonces nunca se hubieran seleccionado las mutaciones que otorgan alguna ventaja en relación con dicha tarea y que permitieron el proceso selectivo que terminó con una versión instintiva de este hábito ¡Esto significa

RECUADRO 3

Es de esperar que el nacimiento de un individuo con M1 (o cualquier otra mutación posible) suceda de vez en cuando como consecuencia de algún error en los procesos de duplicación del ADN o de algún factor externo (como ciertas radiaciones) con independencia de si dicha mutación fue o no necesaria o ventajosa. A esta independencia entre la probabilidad de ocurrencia de una mutación y su eventual efecto en la supervivencia de su poseedor, se refieren los biólogos cuando afirman que las mutaciones se producen al azar o que son aleatorias. Aunque de vez en cuando algunos autores sugieren que al menos algunas mutaciones se producen en respuesta a las necesidades adaptativas del organismo (es decir, que no son aleatorias). No existen actualmente evidencias fuertes de que exista dicho sesgo adaptativo en el origen de las mutaciones.

que el factor selectivo no es un aspecto del ambiente sino el propio comportamiento aprendido! Y es por eso que Baldwin llamó *selección orgánica* a este proceso.

Otro aspecto destacable es que, aunque la selección debe entrar en escena para que el hábito termine siendo un instinto, el "Efecto Baldwin" *acelera y orienta* la selección ¿Por qué lo acelera? Porque de no existir esa flexibilidad de la conducta, el proceso solo podría haber comenzado con el nacimiento de un individuo ya genéticamente *programado* para abrir nueces. Como explicamos recién, sin el aprendizaje inicial la mutación M1 no habría sido seleccionada y, por los mismos motivos, ninguna de las otras lo hubieran sido. Así, la única posibilidad de que apareciera la capacidad instintiva de abrir nueces es que naciera un individuo extraordinario que portara simultáneamente todas las mutaciones necesarias y que además, por algún motivo, intentara abrir nueces. De más está decir que todo esto es altamente improbable. Al existir esta flexibilidad de la conducta, se inicia inmediatamente un proceso gradual de selección a favor de cualquier variante que implique un leve cambio en esa dirección, sin necesidad de que sea el caso extremo ¿Por qué lo orienta? Porque si en vez de aprender a abrir nueces hubieran aprendido a desenterrar gusanos y este hábito confiriera una gran ventaja entonces, no se habrían seleccionado las variantes genéticas relacionadas con la apertura de nueces sino aquellas relacionadas con el consumo de gusanos.

En síntesis, este proceso muestra que la capacidad de explorar el ambiente y de aprender puede guiar la futura evolución genética de la población. Además, más allá del proceso que terminó con la conducta instintiva, el hábito adquirido de abrir nueces podría generar muchos otros procesos selectivos. Por ejemplo, una vez instalado el hábito (siempre suponiendo que el consumo de nueces es ventajoso) si estas tienen alguna toxina, se seleccionará cualquier variante genética que permita a su poseedor contrarrestar los efectos negativos de dicha toxina. Por ejemplo, se podría seleccionar alguna variante de una enzima hepática que fuera más eficaz para degradar químicamente la toxina. Nuevamente: en una población en la que nadie come nueces, tener una variante especialmente eficaz de una enzima que degrada la toxina de la nuez no confiere ninguna ventaja y, por lo tanto, no se seleccionará dicha variante.

Más allá del comportamiento animal

Existen distintas versiones de lo que aquí hemos denominado "Efecto Baldwin". Otros autores han propuesto ideas semejantes. Este efecto se presenta en general, como un proceso ligado al comportamiento animal pero es interesante señalar que una idea relacionada, propuesta por Waddington, llamada *asimilación genética* nos

permite comprender que algo semejante puede suceder con cualquier tipo de rasgo, no solo conductual (aunque en este caso el poder del proceso para orientar la evolución sea, tal vez, mayor) y en cualquier tipo de organismos. Para algunos autores, de hecho, el "Efecto Baldwin" sería un caso particular de *asimilación genética*.

La idea central de la *asimilación genética* es que lo que en principio era una respuesta adaptativa⁴ de los individuos a algún estímulo ambiental, pasa a ser un rasgo que los organismos exhiben constitutivamente, aún en ausencia del estímulo ambiental. Tomemos un ejemplo que el mismo Waddington utilizó: las callosidades en la zona ventral del avestruz. Estos engrosamientos de la piel la hacen más resistente a la fricción cuando el ave se agazapa contra el suelo. ¿Cómo llegaron los avestruces a tener ese rasgo? Una posibilidad es que, inicialmente, esas callosidades se desarrollaban gradualmente durante la vida de cada individuo como una reacción de la piel al roce con el suelo. Podemos considerar entonces, que se trataba de una reacción del cuerpo a un estímulo ambiental (es, en este sentido, un rasgo adquirido) y que es adaptativa (la piel sin callosidades se lastima). Había, en la población ancestral, variación genética en relación con la facilidad con que estas callosidades se producen en respuesta al rozamiento: en algunos aparecían después de semanas en otros, después de días, etc. Constantemente se seleccionaron aquellas variantes que lograban desarrollar las callosidades con más facilidad. En un extremo, nació algún ejemplar que producía las callosidades en total ausencia del estímulo ambiental (rozamiento). Es importante señalar –ya lo hicimos para nuestra historia central– que si el desarrollo espontáneo de las callosidades requería varios cambios genéticos entonces el nacimiento de este individuo habría sido mucho menos probable al inicio de la historia pero mucho más probable después de que se hubieran seleccionado numerosos rasgos

facilitadores del cambio en la piel (solo se requería el último cambio genético de la serie, los demás ya se habrían acumulado previamente gracias a la selección). Esta variante fue seleccionada (ya que su poseedor gozaba de los beneficios de las callosidades sin perder tiempo y energía en producirlos a partir de la estimulación ambiental) y el resultado final fueron avestruces que producen *instintivamente*⁵ la callosidad si necesidad del estímulo. Al igual que en el "Efecto Baldwin" lo que era un rasgo adquirido por cada individuo a partir de su interacción con el entorno ahora está genéticamente dado (se expresa con independencia del entorno) desde el nacimiento en la mayoría los individuos.

¿Es el "Efecto Baldwin" un mecanismo lamarckiano de evolución?

A pesar de lo que sostienen algunos autores, este proceso no tiene nada de lamarckiano (Recuadro 4). Si revisamos nuestro relato comprobaremos que ningún individuo transfirió el hábito adquirido a su descendencia, es decir, no hubo *herencia de los caracteres adquiridos* a nivel individual. Ningún individuo nació con el *instinto de abrir nueces* como consecuencia de que sus progenitores hubieran adquirido dicho hábito. Cada individuo tuvo que adquirir el hábito por sí mismo y luego, se seleccionaron los que, por razones genéticas, eran más eficaces para ese aprendizaje. Algunos autores sugieren que este proceso es lamarckiano porque en él, la evolución está guiada por la *iniciativa individual*. Pero, como ya explicamos, esto solo es cierto en el sentido de que el cambio en la conducta de los individuos genera nuevos escenarios para la selección natural, no en el sentido de que la descendencia ya nace con esos cambios adquiridos, por lo que poco tiene esto que ver con lo que decía Lamarck.

Además, ya que estamos, para Lamarck el mecanismo de uso/desuso y herencia de los

Sobre los reiterados intentos de reivindicar a Lamarck

Los intentos de reivindicar la teoría de Lamarck -o cualquier otra que se perciba alternativa al darwinismo- son un aspecto perenne del paisaje intelectual en el mundo científico y, especialmente, filosófico. Para decirlo de otro modo, desde 1859 (año de publicación de *El Origen de las Especies* de Charles Darwin) han existido siempre numerosos pensadores ansiosos por concluir que, finalmente, el darwinismo ha muerto. Quería llamar la atención de los/as lectores/as sobre este punto -aunque no dispongo de espacio aquí para analizar sus causas- como un modo de interesarlo/a en el tema: ¿Por qué será que el darwinismo es percibido como tan peligroso por tanta gente? El filósofo Daniel Dennett (1985) se ha referido a la selección natural como *la peligrosa idea de Darwin...* ¿Por qué será? Solo diré aquí que el darwinismo (la idea de selección natural), más que el evolucionismo en general, tiene consecuencias que resultan antipáticas para muchas personas. Por ejemplo, el carácter aleatorio de la variabilidad sobre la que opera la selección hace que la existencia de toda especie (¡incluida la nuestra!) sea un mero accidente histórico. Por mencionar solo otra consecuencia filosófica del darwinismo, cabe señalar que el poder de la selección para explicar el origen natural del *diseño biológico*, es decir de la adaptación, supuso cuestionar un argumento clásico a favor de la existencia de Dios; a saber, que dada la gran complejidad adaptativa de los organismos, debía existir un creador.

4- "Adaptación" aquí se refiere al sentido fisiológico del término, distinto del evolutivo. Un ejemplo de esta adaptación fisiológica sería el oscurecimiento de la piel en los humanos en respuesta a la radiación solar.

5- Uso adrede este término, que suena raro para hablar de ¡un callo!, para resaltar el paralelismo con el caso del comportamiento.

caracteres adquiridos era totalmente secundario en la evolución, siendo el principal motor del cambio evolutivo una tendencia intrínseca de todas las criaturas al cambio *ascendente*, hacia las formas *superiores* (la humana, por supuesto, era la forma más elevada). Destaquemos también, que contra lo que la mala divulgación sostiene no había nada místico en esta teoría (Lamarck no era un místico ni un vitalista) ya que su autor sostenía que este cambio ascendente era una consecuencia mecánica de la constitución orgánica. En síntesis, el "Efecto Baldwin" se comprende actualmente, dentro de un marco totalmente darwiniano.

Las virtudes de tratar el "Efecto Baldwin" en la enseñanza de la biología

Como habrán comprobado lo/as lectore/as, no se requiere, para comprender esta idea, de conocimientos técnicos muy especializados. Sin embargo, sí se requiere un buen dominio del modelo de evolución por selección natural y bastante imaginación, dado lo abstracto del concepto. *Debemos tener esto presente si quisiéramos introducir este tema en la enseñanza.* Pero, por otro lado, siempre debemos hacernos esta pregunta fundamental: ¿Para qué enseñar un tema determinado? En este caso, son varias las virtudes de tratar el "Efecto Baldwin" en la enseñanza de la biología. A continuación sugeriré algunas de estas ventajas:

Por un lado, como ya mencionamos, está muy difundida la creencia de que *con el tiempo* lo aprendido se vuelve instinto, por lo que el tratamiento de este tema permitiría poner en cuestión esta concepción errónea al explicitar las condiciones necesarias para que, según los modelos científicos, se llegue a ese efecto. Por otro lado, consentiría comprender que las conductas también tienen una base genética. Esto es interesante porque si bien muchas personas asocian fácilmente los genes con los rasgos morfológicos, pocas los relacionan con los rasgos conductuales (o psíquicos y cognitivos) que tienden a atribuir exclusivamente al aprendizaje. Así, esta discusión ayudaría a que los estudiantes extendieran el modelo de selección natural a casos de evolución de la conducta.

Además, los ejemplos paradigmáticos con los cuales habitualmente se enseña el modelo darwiniano suponen, invariablemente, rasgos morfológicos (el color de la polilla inglesa, el cuello de la jirafa, el pico de los pinzones) o fisiológicos (la resistencia bacteriana a antibióticos, por ejemplo). Luego, los enseñantes esperamos (ingenuamente) que los estudiantes extrapolen el modelo así aprendido a una amplia diversidad de casos. Sin embargo, sabemos que esa extrapolación –de naturaleza analógica– es tanto más probable cuanto más parecidos son los nuevos casos a los ejemplos usados durante la enseñanza. Así, dada la tendencia a no asociar lo conductual con lo genético y dados los ejemplos

tradicionales, difícilmente un estudiante pueda *dar el salto* de las polillas inglesas a la conducta de un animal. Finalmente, la discusión en las clases de biología del "Efecto Baldwin" permitiría construir un modelo más complejo de evolución en el que entra en juego un elemento novedoso como es la interacción entre aprendizaje y evolución.

Como dije, sin embargo, no tendría sentido intentar abordar este tema sin un previo y sólido aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. Por este motivo, quizá el desarrollo del mismo sería más apropiado *para la formación del profesorado de biología (y de licenciados en biología) que para la enseñanza general obligatoria.*

Algunas sugerencias concretas para introducir el "Efecto Baldwin" en las clases de biología

En esta sección sugiero algunas actividades que podrían ser útiles para tratar el tema que nos ocupa en las clases de biología. La formulación de las actividades es muy general; por lo cual, cada docente debería construir una versión adecuada a sus estudiantes.

Actividad 1. "¿A qué se debe la diferencia?"

Una primera instancia interesante consiste en favorecer la explicitación del preconceito según el cual –a diferencia del caso de la morfología– no existe una relación causal entre los genes y el comportamiento. Para ello se puede proponer discutir un caso como el siguiente:

Un equipo de primatólogos estudió durante muchos años, dos poblaciones de monos aulladores o "carayá" y encontró algunas interesantes diferencias. Por ejemplo, encontró que en la población del norte, los individuos de ambos sexos son de color más oscuro que en la población del sur. También encontraron que los del norte son muy hábiles para extraer insectos, y que complementan su dieta con frutos, que se esconden debajo de las cortezas de los árboles, mientras que los del sur son incapaces de hacer esto, aunque los mismos insectos se encuentran en los bosques que habitan (Recuadro 5). A partir de este caso se puede preguntar a lo/as estudiantes cómo explicarían estas dos diferencias entre ambas poblaciones. Es probable que las atribuyan: a la coloración, a factores genéticos y en las diferencias conductuales a factores puramente ambientales (aprendizaje).

Para trabajar a partir de estas respuestas, puede ser útil proponerles analizar en qué consiste, desde el punto de vista orgánico, aprender (Recuadro 2). Comprender que algo tan *etéreo* –desde el punto de vista del sentido común– como el comportamiento, tiene una base orgánica, anatómico-fisiológica, ayuda a

Genes y comportamiento: ¿Por qué es interesante tratar este tema con los estudiantes?

Como ya he señalado anteriormente, las personas tienden a considerar que los genes influyen en la morfología y la fisiología pero no así en la conducta (ni en la personalidad o la psique). Esta concepción, sin embargo, es insostenible desde el punto de vista científico actual. Existen abrumadoras pruebas (provenientes de diversas líneas de investigación tales como experimentos de selección artificial, experimentos con mutantes, experimentos de hibridación, estudios de gemelos, entre otras) de que los genes influyen en la conducta de los animales (no humanos y humanos). De hecho, existe toda una disciplina conocida como genética del comportamiento. Es interesante tratar este tema con los estudiantes porque, desde la concepción errónea, es imposible aplicar el modelo de selección natural al comportamiento.

En la actividad 1, propongo el ejemplo de los monos porque el "Efecto Baldwin" se aplica más fácilmente a especies con conducta social compleja, pero para tratar más en general la cuestión de si los genes influyen en el comportamiento, conviene recurrir a casos que son más interesantes para los estudiantes. Por ejemplo, si el/la docente hace una rápida búsqueda en internet sobre noticias de casos de ataques graves de perros a humanos notará que una proporción alta de los casos es protagonizada por perros de raza pitbull. Si preguntamos a lo/as estudiantes cómo explican ese hecho, lo más probable es que respondan que esos perros fueron criados para eso, que fueron maltratados, etc. Es decir, atribuirán su agresividad a factores puramente ambientales. Por el contrario, si les preguntamos por algún rasgo morfológico (por ejemplo, lo robusto de la cabeza de los pitbull), lo atribuirán a factores puramente genéticos.

Desde ya, reconocer que los genes influyen en la conducta no supone afirmar que los genes determinan la conducta. De hecho, lo que deberíamos comprender es que la dicotomía genético/ambiental es cuestionable: los rasgos (tanto conductuales como morfológicos) no son determinados ni por los genes ni por el ambiente sino que siempre son el resultado de una compleja interacción entre ambos conjuntos de factores.

concebir la posibilidad de que los genes, vía la síntesis proteica, influyan en estos rasgos. Esta discusión puede ayudar, en síntesis, a poner en cuestión el *dualismo* cuerpo/mente que es parte del sentido común y que supone, considerar como fenómenos *esencialmente* diferentes, y no relacionados, lo psíquico, lo mental y lo conductual (el *alma*), por un lado, y lo físico y orgánico, por el otro. Construir la idea de que el comportamiento también está influido por los genes es una condición necesaria para poder llegar aplicar el modelo de evolución por selección natural al comportamiento animal.

Actividad 2. "¿Qué pasará en la población de Imo en el futuro?"

En esta actividad, propongo trabajar a partir del caso de Imo⁶. Recordemos que Imo era una hembra de macaco japonés, parte de una colonia que vivía en la isla de Koshima (Japón), que en 1953 fue observada lavando por primera vez las papas en agua salada que los investigadores les proveían para ganarse su confianza. Las papas lavadas quedaban libres de la tierra que daña los dientes y tenían mejor sabor. La costumbre de lavar las papas se extendió primero, horizontalmente y luego, verticalmente en la población de Koshima. La misma Imo hizo otro gran descubrimiento tres años después cuando aprendió que si tiraba un puñado de trigo al agua (que los investigadores dejaban sobre la arena), la arena se hundía mientras que el trigo flotaba, lo que le permitía recuperarlo limpio (¡y saladito!). Al igual que el

lavado de papas, la técnica de lavado de trigo pronto fue adquirida por todos los monos de la isla.

En este caso antes descrito, se puede contar a los estudiantes que la población de monos de Koshima aprendió las habilidades inventadas por Imo, y que dichas destrezas se mantuvieron a través de muchas generaciones gracias a que los jóvenes las aprendían de los adultos. Para favorecer la explicitación de la idea -según la cual lo aprendido *con el tiempo se vuelve instintivo*- se puede pedir a los estudiantes que analicen qué creen que sucederá en caso de que se impida a una nueva generación aprender de sus progenitores. Por ejemplo, si dentro de dos mil años tomáramos unos monos recién nacidos de la población de Koshima y se los diéramos para su crianza a padres y madres sustitutos de una población que carece del hábito de lavar sus alimentos; ¿serían capaces los monitos nativos de Koshima de hacer esto aún sin haber tenido oportunidad de aprenderlo? Es probable que muchos estudiantes supongan que, después de tantas generaciones, esos monitos ya sabrán cómo hacerlo aún sin haberlo aprendido, porque ese hábito ya se *habrá vuelto instintivo*. La explicitación de esta idea es el primer paso para luego poder cuestionarla a la luz de los modelos de la biología. Notemos que lo que aquí está en juego es una versión de la idea de la *herencia de los caracteres adquiridos*, por lo que también es una buena oportunidad para recurrir a los modelos de la genética para poner en entredicho esa noción.

6- El caso se relata, entre otros, en el excelente libro: El simio y el aprendiz de sushi, (2002, Barcelona: Paidós) del primatólogo Frans de Waal.

Actividad 3. “¿Y nosotros los humanos?”

También es interesante tomar el caso humano para analizar algunas de las cuestiones tratadas en este artículo. Los humanos tenemos muchos hábitos que, aunque hace muchas generaciones que mantenemos aprendizaje mediante, no se han vuelto instintivos. El “Efecto Baldwin” es un modo *científicamente respetable* para explicar cómo podría suceder eso. Sin embargo, y como hemos visto, deben darse ciertas condiciones para que eso suceda. Una actividad interesante consiste en pensar, para un caso concreto como puede ser el uso de teléfonos, qué condiciones deberían darse para que, “Efecto Baldwin” de por medio, dicha destreza se vuelva instintiva. Si lo/as lector/as hacen este ejercicio concluirán que la probabilidad de que eso suceda es ínfima, pero lo interesante es argumentar por qué. Les dejo dos pistas: debería haber variación heredable (es decir, de base genética) en relación con esa habilidad y, además, poseer alguna facilidad para esa actividad debería traducirse en más descendientes ¿Qué tan probables les parecen estas condiciones? Este ejemplo nos permite nuevamente, cuestionar la idea de que *con el tiempo* lo aprendido se vuelve instinto; por más tiempo que pase, si no se cumplen ciertas condiciones eso no sucederá.

A modo de síntesis

En este artículo, hemos descrito un mecanismo que puede convertir un hábito aprendido en una conducta instintiva. Sin embargo, esto no legitima

la creencia ingenua según la cual *con el tiempo* lo aprendido se vuelve instinto. En efecto, no todo hábito terminará siendo instinto mediante este proceso. Por ejemplo, las mutaciones necesarias podrían, simplemente, no producirse o podrían tener *efectos secundarios* negativos que determinarían que no fueran seleccionadas. El “Efecto Baldwin” es un tema apasionante per se; la sola posibilidad de que el aprendizaje de los individuos de lugar a un proceso que termine generando un rasgo conductual de base genética típico e instintivo en una población es de por sí notable. Su tratamiento en un curso de biología (en la escuela secundaria si las condiciones lo permiten o, más probablemente, en el profesorado de nivel superior) pueden ayudar a abordar el contenido, generalmente ignorado, de la evolución del comportamiento y, además, a construir un modelo más complejo de evolución en el que la selección natural sigue siendo central pero en el que se incorporan otros factores.

Además, hemos visto que este curioso mecanismo puede acelerar la evolución por selección natural y muchos investigadores creen que, de hecho, este fenómeno debe haber sido muy importante en la evolución humana en la que el incremento del volumen cerebral fue notablemente rápido (*rápido* a escala geológica, desde ya). Así, el “Efecto Baldwin” nos puede ayudar a comprender también, cómo es que nosotros, los humanos, llegamos a constituirnos en la única especie que –hasta donde sabemos– se pregunta por su origen y por el de las demás criaturas.

Para aprender más sobre el “Efecto Baldwin”

Copazo, H. y Perrazo, R. (2001). Aprendizaje y evolución: adaptación acelerada por Efecto Baldwin. *Ciencia e Investigación*, 53(3), 3-8. Recuperado el 8 de agosto de 2016 de: https://hdopazolab.files.wordpress.com/2011/11/cciainvest_01.pdf

Longa, V. (2005). El efecto Baldwin: su papel en biología evolutiva y su aplicación a la evolución del lenguaje. *Ludos Vitales*, 13(23), 21-48. Recuperado el 8 de agosto de 2016 de http://ludus-vitalis.org/html/textos/23/23-02_longa.pdf

Jablonka, E. y Lamb, M. (2013). *Evolución en cuatro dimensiones*. Buenos Aires: Capital Intelectual.

