

Colección
EUREKA

Re-Evolución

Hacia un nuevo paradigma

Emiliano Salvucci



EDITORIAL
UADER

Colección
EUR∞KA

Re-Evolución

Hacia un nuevo paradigma

EDITORIAL  UADER

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ENTRE RÍOS

Abog. Luciano Filipuzzi | RECTOR

Esp. Ing. Rossana Sosa Zitto | VICERRECTORA

Lic. Raúl Rousseaux | SECRETARIO DE INTEGRACIÓN Y COOPERACIÓN

Esp. Dana Rodríguez | DIRECTORA EDITORIAL UADER

Colección
EUR∞KA

Re-Evolución

Hacia un nuevo paradigma

Emiliano Salvucci

EDITORIAL  UADER

Salvucci, Emiliano

Re-evolución: hacia un nuevo paradigma / Emiliano Salvucci. - 1a edición para el alumno - Paraná: Editorial Uader, 2023.

Libro digital, PDF - (Eureka ; 9)

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-950-9581-78-4

1. Biología. 2. Biología Evolutiva. 3. Política. I. Título.

CDD 576.801

© Emiliano Salvucci, 2024.

©EDITORIAL UADER

Diseño Gráfico: Alfredo Molina

Edición y corrección: Sebastián Galizzi

EDITORIAL  UADER

Razón social: UADER/Editorial UADER

Avda. Ramírez 1143, E3100FGA

Paraná, Entre Ríos, Argentina

editorial@uader.edu.ar

www.uader.edu.ar

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

Prohibida su reproducción total o parcial

Derechos reservados

Índice

Prólogo	8
Prefacio	II
CAPÍTULO I	
Naturalistas proscritos	13
Lamarck. El fundador	16
Georges Louis Leclerc, Conde de Buffon. El mentor	28
Geoffroy Saint Hilaire y la idea formalista	31
Robert Grant. Pensar es traicionar	34
Owen y Agassiz. Profesores de Darwin	36
La ignorada selección natural de Blyth	38
La idea de Wells, la selección natural	41
Otra vez selección natural, Wallace	42
El reverendo William Paley y el diseño inteligente	44
El profesor de geología, Adam Sedgwick	47
El ninguneado Trémaux	49
Un poco de justicia	56
El monje oculto y luego descubierto. Gregor Mendel	58
CAPÍTULO II	
¿Qué es la selección natural?	62
¿Mecanismo, teoría, ley general?	62
La lógica de la selección natural	73
La tautología	80

CAPÍTULO III	
Mercado y biología	90
Thomas Malthus	90
Spencer y Smith	92
El Club X	95
CAPÍTULO IV	
Darwinismo y <i>statu quo</i> . Darwinismo social	98
La ideología darwinista	98
Capitalismo y darwinismo	103
¿Qué es el darwinismo social?	106
El darwinismo y el campo científico	107
CAPÍTULO V	
Vida y evolución	112
Simbiogénesis, otro paso integrativo en la evolución	112
Autorganización e integración	120
El árbol sin el bosque	123
Transferencia horizontal de genes	126
Epigenética	128
Evo-devo	130
Sistemas complejos. El árbol y el bosque	135
Los seres vivos como sistemas complejos en evolución	139
Bibliografía	154
Índice analítico	163

PRÓLOGO

El libro que la amable lectora o lector cobija en sus manos preanuncia sorpresas. *Re-evolución*, concepto y argumento teórico, llama la atención en forma rápida, invita a la esgrima conceptual. “Quizás, quiso decir *La evolución*”, bien podría ser el primer pensamiento (la primera estocada) del lector in fabula, que aún esta en su momento de duda razonable, previa a la decisión de acomodar el libro del doctor Emiliano Salvucci en su lista de lecturas inmediatas. Sin embargo, es ese núcleo de imperialismo teórico agazapado tras la idea de una mirada hegemónica de la evolución, al que busca interpelar las restantes páginas de este bello libro. En él se rescatarán itinerarios alternativos y se abordarán conos de sombras en la historia de una teoría que trascendió (que duda cabe) su espacio, tiempo y geografía de origen.

El relato conducirá al lector por un camino de nombres, conceptos y debates que enriquecerán lo que ya cree saber sobre la teoría de la evolución. Entre los nombres, algunos de mayor fortuna en las páginas de la historia de las ciencias, y otros verdaderos desconocidos, incluso para lectores con alguna experiencia en el campo. Las historias de Lamarck, Buffon y Saint-Hilarie cuentan entre los primeros. Las de Wells, Wallace y Paley entre los segundos. El estatus de ley general y la lógica de la selección natural serán algunos de los conceptos con los que confrontará la lectura, y las relaciones entre biología, mercado, capitalismo y evolución, quizás figuren entre los debates invocados en estas páginas. Ciertamente el material de discusión es ingente y nos invitará a pensar en algunas de las rocas solidas de la cientificidad. En especial, sobre los aspectos teóricos de la vida científica.

Porque ¿qué es una teoría? Y sobre todo ¿Qué relación tienen las teorías con los materiales empíricos que les dan vida, y las proyectan a la arena (tensa y controversial) de los conceptos?

Las posibles respuestas pueden desatar cursos completos de metodología, de epistemología y filosofía de la ciencia y, desde ya, de historia social de la ciencia. Esos nobles objetivos quedan para otros espacios, formatos y tiempos. Tengo en mi mesa de trabajo el viejo libro de Stephen Toulmin titulado *La comprensión humana*, donde argumentaba a favor de entender las teorías científicas como poblaciones conceptuales dinámicas, cuya racionalidad y movimiento están interpeladas por los contextos sociales y las coyunturas históricas. Entre los materiales empíricos que dialogan con las teorías, el universo de consideraciones adquiere una complejidad vertiginosa. Lo que los antiguos epistemólogos denominaban *contexto de descubrimiento*, y lo que los modernos estudios sociales de la ciencia han denominado el *espacio de producción de saberes*, no son el tranquilo remanso donde va a reflejarse el espíritu teórico, sino que son turbulentos y caprichosos campos de sentidos, donde apenas pueden lograrse algunos acuerdos teóricos parciales. Generaciones, géneros y contextos regionales distintos, pueden lograr una revisión (incluso una revisión potente) de los sentidos empíricos más importantes de la teoría científica en cuestión, y de los sentidos conceptuales de la propia teoría.

Todo ello nos pone alertas sobre los usos del dogmatismo como valor desde el cual juzgar la legitimidad y la autoridad de una teoría científica. Y con más fuerza aún luego del diluvio posmoderno, que hizo del cuestionamiento a la praxis científica una filosofía poco nutricia, que “tiró el agua con el niño dentro”. Hoy día vivimos por doquier las consecuencias comunicacionales de uno de sus vástagos directos, como es la postverdad y su formidable embestida contra las democracias reales y los derechos públicos, en nombre de los intereses privados y de las lógicas concentradas del mercado. En este contexto urge repensar la historicidad de las teorías científicas, los contextos en los que se formaron sus poderes heurísticos más conocidos, las intenciones originales de sus autores y los usos de sus sucesivas resignificaciones, con el fin de intentar escapar de la “inercia del pensamiento científico” y la reificación del poder heurístico de las teorías, que anula la capacidad crítica del pensamiento, según las felices expresiones del autor.

El texto apunta más a los jóvenes estudiantes que hacen de la exploración teórica, el secreto eje de sus vidas profesionales y en muchos casos de sus vidas reales, a secas, sin matices. Los vemos a diario en los lugares más irrisorios, haciendo lo que saben hacer: el *oficio de estudiante*. Mal pagados de todos los sistemas e instituciones científicas, si que acaso han conseguido ese amargo privilegio, sacan sus fotocopias y sus libros, en lugares dilectos de la discusión teórica, como subtes, trenes, ómnibus, plazas y cafés de las urbes universitarias del país. Desde ya que los “jóvenes estudiantes” en los que pensamos, no se ajustan a una definición groseramente etaria. Bien pueden haberse graduado hace tres o cuatro décadas, y aún conservar la pasión (la pulsión) de afinar las herramientas conceptuales y teóricas aprendidas en las aulas universitarias. Sin duda que el libro del doctor Salvucci estará entre las referencias bibliográficas de ese particular público.

Pablo Souza

Prefacio

Este libro comenzó a delinearse hace algunos años y, de un tiempo a esta parte, lo retomé para darle un cierre. Por momentos me encontré al releerlo con quien lo había escrito hace tiempo, y tuve que reestructurar, corregir, suprimir y, a su vez, mantener el espíritu crítico del libro.

La idea fue compartir y divulgar hechos, datos y también las interpretaciones que se hicieron y podemos hacer a partir de contar con varios elementos de análisis. Un intento también, de repensar aquello que la literatura y el mundo académico ha formado en nosotros.

De aquellos escritos iniciales surgió un libro anterior titulado *Micro, macro y super. Los organismos en red*. También de carácter divulgativo, enfocado en destacar la red de organismos que integran la vida y su evolución conjunta en este superorganismo llamado Tierra o Gaia.

Este libro podría seguir evolucionando, creciendo y mejorando, sin dudas, porque siempre hay más por conocer, entender o descubrir, como las interpretaciones de otros curiosos científicos que aportan nuevos puntos de vista. Pero es bueno, a mi parecer, llegar a este punto y detenerlo para ponerlo a disposición para quien quiera encontrarse con otras historias, con ideas novedosas o con aquellas que vienen desde hace siglos pero que se han fortalecido ante los descubrimientos recientes.

Es este libro, también, deudor de grandes pensadores y científicos citados (y si he omitido a alguno, ha sido sin intención): mi agradecimiento a los grandes naturalistas que fueron construyendo nuestro conocimiento actual, entre ellos Lamarck como exponente de la biología evolutiva, y a los más contemporáneos: a la extraordinaria Lynn Margulis, a Máximo Sandín, Richard Lewontin y Richard Levins, entre tantos otros, por los conocimientos aportados al mundo científico y, en lo personal, por revivir la curiosidad y la fascinación por

este mundo en que vivimos y cuyos trabajos me han llevado a otras lecturas. Gracias también a Lorena Caballero, Emilio Cervantes, Jiménez-Iglesias, por sus investigaciones, la pasión que me han transmitido sus textos y por su generosidad al permitirme ser apenas un transmisor de sus importantes trabajos. Y a Santiago Ginóbili, por aceptar referenciar su trabajo.

Agradezco a los editores que han tenido una paciencia, audacia y dedicación notables para poder concretar esta publicación.

Querido lector, dejo en sus manos este manajo de conocimientos y pensamientos.

CAPÍTULO I

Naturalistas proscritos

No escribo para aquellos que examinan rápidamente los libros nuevos, casi siempre con la intención de hallar en ellos sus ideas preconcebidas, sino para los pocos que leen, que meditan profundamente, que aman el estudio de la naturaleza y son capaces de sacrificar incluso sus propios intereses, por el conocimiento de una verdad nueva.

J. B. Lamarck

La evolución de la vida, la transformación de las especies a lo largo de la historia de la Tierra, es un hecho comprobado. La forma como esto ocurre es debatible, científicamente debatible. El darwinismo es presentado como una teoría científica que explica la evolución biológica de las especies. Puede definirse como el conjunto de ideas o teorías que plantean que el hecho evolutivo ocurre por selección natural. Y se lo puede entender también como la teoría científica cuyo núcleo es esta idea.

La selección natural es un concepto que ha tenido, y tiene, diferentes definiciones. En la obra de Darwin, *El origen de las especies por medio de la selección natural, o la preservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida* (1859) se plantea como la supervivencia del más apto. Con conocimiento natural limitado a especies de animales y plantas, sumado a experimentos con animales en cautiverio, se construye un escenario de continua competencia. Las especies compiten entre sí, los machos compiten, las hembras también. Y de ello resulta que se reproducen más eficientemente aquellos que tienen ventajas, el resto muere sin reproducirse. Repetir esto a lo largo de los años, lleva a la evolución. Esta idea central tiene ciertos problemas que veremos más adelante. De hecho fue reacondicionada muchas veces para salvaguardar la teoría darwiniana cuando los hechos se mostraban

difíciles de encajar en el paradigma de competencia y selección. Veremos también algunos vericuetos de este concepto. ¿Cuál es su verdadero origen, cuáles fueron los cuestionamientos científicos que se le hicieron y cuál es su valor científico real?

La evolución biológica como transformación de las especies era conocida en el ámbito científico mucho antes que saliese a la luz la obra de Charles Darwin. En este sentido, cabría preguntarnos ¿Acaso las ideas que más tarde serán atribuidas casi exclusivamente a Darwin nacieron mucho antes de que el aristócrata victoriano, devenido en naturalista, comience a desprenderse de su fe religiosa? Naturalistas anteriores a él, incluyendo su abuelo Erasmus, habían trabajado y profundizado en el desarrollo de una teoría que explique de qué manera ocurría este proceso observable por medio del registro fósil y la anatomía comparada. Generalmente, se lo considera como un genio que marcó un antes y un después en las ciencias biológicas al crear una teoría de la evolución en un libro revolucionario, y en torno a su figura se centra todo lo relacionado al tema evolutivo, mostrándonos una fotografía de un conocimiento que en realidad fue construido con aportes de muchos naturalistas. Los académicos, científicos, editoriales, profesores, periodistas, divulgadores, etc. han participado en una continua repetición y reelaboración de esta idea, pero podemos preguntarnos ¿No se han minimizado, ignorado o perdido los trabajos y los aportes científicos de grandes naturalistas, soslayados a la sombra de Darwin? Solo rescatándolos del olvido y, sobre todo, evaluando sus contribuciones a la biología, podremos comprender mejor quienes fueron los naturalistas que sentaron las bases del evolucionismo y qué ha sucedido con las ciencias biológicas desde la aparición del darwinismo.

Además, para comprender qué es realmente el darwinismo debemos ir más allá del supuesto de objetividad científica y entender las condiciones sociopolíticas de su surgimiento. Mientras se aceptan descubrimientos, aportes y capacidades de un Darwin incuestionable, a muchos otros científicos no les cabe duda que, de manera

deliberada o involuntaria, se han mezclado prejuicios e intereses socioeconómicos con interpretaciones científicas. Debemos acercarnos al contexto histórico y comenzar a ver qué otras historias permanecen ocultas o fueron proscritas. La mayoría de los artículos científicos y los libros en ciencias biológicas admiten sin problemas las historias y las teorías científicas tal y como se nos vienen contando. Esta cierta inercia del pensamiento científico es la que queremos empezar a cuestionar, dado que las evidencias son más difíciles de encajar en las historias asumidas como verdaderas a priori. Y mientras se sostenga la sensación de que existe una teoría que lo explica todo e incluso lo que se va descubriendo debe ser explicado por lo ya descrito, se anula la capacidad crítica, analítica de cualquier ciencia.

Entre las verdades asumidas, además de las “científicas”, se encuentran las historias o perfiles de los naturalistas postergados. ¿Dónde se originaron las teorías, interpretaciones científicas e investigaciones que fueron construyendo todo el conocimiento sobre la evolución biológica y sobre la vida? ¿La teoría evolutiva es un cuerpo teórico coherente y consolidado o es un mosaico de conocimientos que deben interpretarse bajo el pensamiento único darwinista? ¿No es acaso el darwinismo también una visión del mundo y no solamente una teoría científica? Si muchos aportes se han postergado o perdido con los años, si hay discursos hegemónicos que imponen formas de pensamiento o un pensamiento único que anula nuevas preguntas, los científicos debemos estar alertas y permitirnos mirar al interior de la disciplina para retomar el camino que toda ciencia debe andar, alejada de doctrinas y dogmas.

Como sabemos, la historia oficial no suele ser la verdadera historia, o en todo caso, también hay otras historias. Empecemos a echar luz sobre la sombra de Darwin.

Lamarck. El fundador

Cuentan que el emperador Napoleón recibió a los científicos del Jardín de las Plantas, una de las instituciones científicas más importantes de Francia en el siglo XVIII. Una vez presentado el director del Jardín, este dio a conocer a Lamarck, un naturalista de perfil bajo que llevaba al emperador su obra *Filosofía zoológica*, el resultado de su investigación sobre la transformación de las especies, es decir, la evolución biológica. El emperador se mostró reacio a recibírselo y aseguran que arrojó el libro en un rincón, al tiempo que le reclamaba que regrese cuando haya escrito algo sobre historia natural. Quizá Napoleón nunca se enteró de que el libro que había arrojado presentaba por primera vez una teoría evolutiva completa que iniciaba científicamente el estudio de la diversidad biológica.

De todos los grandes naturalistas que han construido el conocimiento biológico, uno de los más menospreciado posiblemente sea Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevallier de Lamarck. Aunque este, al menos, aparece en la historia oficial de la biología, mientras que otros ninguneados ni siquiera corrieron con esta mínima suerte.

Lamarck (1744-1829), el menor de once hermanos, luchó contra la pobreza de niño, en el frente francés de joven, contra Cuvier como científico y contra la ceguera siendo un anciano. Luego de sufrir un daño severo en el cuello en las batallas revolucionarias en Alemania, comenzó su carrera científica como botánico. Comenzó trabajando en el *Jardin du Roi*, pero en 1793 se convirtió en uno de los profesores fundadores del Museo Nacional de Historia Natural como un experto en invertebrados. Su trabajo sobre la clasificación de los gusanos, arañas, moluscos y otros invertebrados estaba muy por delante de su tiempo. En 1802 publicó una obra titulada *Hidrogeología*, fundadora de una nueva ciencia: la biología, dedicada a estudiar el mundo vivo, convirtiendo el conjunto de conocimientos sobre la naturaleza en una disciplina.

Trabajó con Rousseau y Buffon, quienes siempre lo consideraron un gran científico; junto a ellos logró una sólida formación científica. A Lamarck le debemos la creación de claves dicotómicas, que todavía se utilizan en botánica, el concepto de "invertebrado", la clara división del mundo orgánico del inorgánico, el concepto de "organización" de los seres vivos y una clasificación revolucionaria de los animales de acuerdo a su complejidad.

En 1809, con la publicación de *Filosofía zoológica* dio una base teórica ("filosófica") a esta disciplina, constituyendo el primer tratado completo estructurado científicamente sobre la evolución. También planteó el origen del hombre a partir de los primates.

En el siglo XVIII no había mucho conocimiento de los insectos y gusanos y, como suele ocurrir con lo desconocido, eran despreciados como objetos de estudio. La biología estaba en pañales y las observaciones e investigaciones se basaban en los animales vertebrados o superiores, los cuales son solo una parte menor de la totalidad de seres vivos y, además, evolutivamente representan las formas más recientes. Quién mejor que Lamarck para fundar la biología como ciencia al ser quien amplió el campo de estudio al realizar avances extraordinarios a partir de sus investigaciones sobre gusanos e insectos.

Lamarck no comulgaba con la visión reduccionista, antojadiza y parcializada de la naturaleza. Así, dedicándose a la labor de investigar todas las formas vivas, amplió las fronteras del conocimiento realizando una tarea titánica. Describió cinco grupos de invertebrados en 1794. Posteriormente, continuó con otros: los arácnidos en 1800, los anélidos (gusanos) en 1802 y en su *Filosofía zoológica* describe por primera vez a los cirrópodos (percebes, crustáceos) y diez grupos más que totalizarán doce grupos en *Historia natural de los animales sin vértebras*, verdadera obra magna de la ciencia de todos los tiempos. Al caracterizar a los invertebrados, introduce a la espina dorsal como factor clasificatorio de los organismos, el cual continúa siendo un criterio científico hasta la actualidad.

En su obra evolutiva tiene un papel central el concepto de medio (*milieu*). Buffon había ya recurrido a esta categoría en el siglo XVIII a partir de Newton, quien la había utilizado en sus teorizaciones en mecánica. La expresión hacía referencia al fluido entre dos cuerpos que interactuaban a distancia, siendo el medio el centro de acción de las fuerzas físicas. Pasó de tener un sentido relativo a uno absoluto, algo con entidad en sí mismo que, más que unir, separa a los cuerpos. Lamarck trasladó a la biología el concepto de medio, enriqueciéndolo al definir que la especie (el ser vivo) y el medio forman una unidad contradictoria; el medio es externo tanto como interno al organismo. Lamarck concibe a la biología desde la física y la química por lo que entiende al fenómeno de la vida como un producto de leyes físicas (Olarieta Alberdi, 2011).

Los avances actuales intentan comprender el fenómeno de la vida y su evolución centrandó su atención precisamente en el medio como factor inicial y fundamental de los cambios evolutivos, también en el resultado de la autorganización, la capacidad de los seres vivos de organizarse por sí mismos como resultado de acciones físicas. La visión de Lamarck, hacia comienzos del siglo XIX, era extraordinariamente novedosa, acertada y válida, tanto en ese entonces, como ahora para la biología actual, que cuenta ya con un cúmulo de evidencias que fortalecen notablemente esta perspectiva holística.

Esto se debe a que, como naturalista, Lamarck realizó significativos avances en varias disciplinas y áreas como la botánica, la paleontología y la zoología, presentando un panorama de la ciencia con el que no contaba prácticamente ningún naturalista de la época. Realizó una labor insuperable en sistemática, la clasificación taxonómica de los organismos. Representa así, la más alta tarea intelectual y científica de toda la biología, incluyendo, como si fuese poco, la primera teoría completa de la biología evolucionista. Su tarea como naturalista fue ciclópea, como su legado.

Pero el lamarquismo ha sido identificado con la herencia de caracteres adquiridos, la que se ha ejemplificado con la evolución del cuello de las jirafas, aunque Lamarck solo mencione casualmente este ejemplo. Como explica Adriá Casinos en el prólogo de *Filosofía zoológica*, lo cierto es que las ideas lamarquistas son menos esquemáticas de lo que se piensa. Por un lado, la creencia de una supuesta tendencia progresiva que obligaría a los seres vivos a escalar en complejidad; por otro, la herencia de caracteres adquiridos. La primera es rechazada posteriormente por Darwin, pero el mismo autor tanto en su obra *La variación de animales y plantas en domesticación* (1868) como en *El origen de las especies* (1859), utiliza el mecanismo lamarquista para explicar la transformación de las especies.

También, su trabajo suele reducirse al ejemplo de las jirafas que habrían alargado su cuello intentando comer de las hojas más altas de los árboles. Si bien, planteado de la manera que aparece en manuales, libros y disertaciones, es un mecanismo erróneo porque asumen que un cambio somático en una generación quedaría “guardada” en la información genética y esto no se ve en la realidad, la idea original no es esa. Lamarck describe las observaciones y hechos que lo llevan a establecer dos leyes del transformismo de las especies. Centralmente, un cambio importante en las condiciones que rodean a un determinado organismo resultará en una respuesta que implicará la muerte o la “transformación” de ese organismo. Lamarck plantea estos argumentos en el capítulo VII, titulado “De la influencia de las circunstancias sobre las acciones y los hábitos de los animales, y de las acciones y los hábitos de estos cuerpos vivientes como causas que modifican su organización y sus partes”.

El capítulo remarca la observación de la escala natural, del incremento en la complejidad de los seres vivos y que tal gradación presenta anomalías, discontinuidades sin apariencia de orden. Ante este hecho, propone que la tendencia a una graduación regular está influida por la infinidad de circunstancias ambientales, estableciendo una evolución dialéctica en que la tendencia al cambio es inseparable

de las circunstancias. Grandes cambios en las circunstancias, constantes, lleva a los seres vivos a cambios en hábitos, nuevas acciones y nuevas necesidades que llevan a transformaciones en el uso de órganos y estructuras. Aquí, Lamarck enuncia numerosos ejemplos, entre ellos el de la jirafa, que destacan el fortalecimiento de ciertas estructuras y la debilidad o desaparición de otras. La ballena (señala Lamarck una observación realizada por Geoffroy Saint Hilaire) tiene oculto los dientes en su estadio embrionario, desapareciendo en el adulto, la pérdida de la visión y ojos rudimentarios en ciertos mamíferos como el topo, la ausencia de alas en ciertos insectos, o el uso de la lengua en los osos hormiguero en reemplazo de la masticación, la utilización y fortalecimiento de la cola en los canguros, la extensión del cuello de la jirafas para acceder a las hojas dadas las circunstancias ambientales de las praderas en las que viven, y muchos otros más.

Hay que destacar la claridad de Lamarck en demostrar que la concepción de la existencia de especies fijas es contraria a la observación y los hechos, puesto que cambios constantes en la naturaleza modifican necesidades en los seres vivos y, por otro lado, se cuenta con numerosos ejemplos de los cambios ejercidos sobre las especies mediante prácticas de selección (artificial, hecha por el ser humano) que confirman la capacidad de cambio y adaptación (lechuga, col, perros domésticos, etc.). De la misma manera, mediante cambios en las circunstancias, constantes y extendidos en el tiempo, la naturaleza modifica a las especies, las transforma. Ciertamente, no utiliza explícitamente el término “selección natural”, pero ¿para qué lo necesitaría? Propone dos mecanismos centrales de la transformación de las especies: uso y desuso de los órganos y herencia de caracteres adquiridos. Tanto más utilice una especie una estructura, mayor tendencia tendrá a mantenerla. Los caracteres o cambios bruscos en las estructuras se deben a una respuesta a una acción ambiental que permite adquirir un carácter heredable.

Los postulados de Lamarck fueron aceptados por el mismo Darwin y se encuentran vigentes actualmente a la luz del conocimiento adquirido en genética, epigenética y simbiogénesis. La idea de que el “uso y desuso” de las estructuras tiene su implicancia en la fijación o desaparición de las mismas, suele asociarse exclusivamente a Lamarck. Sin embargo, luego de cincuenta años de la publicación de *Filosofía zoológica*, Darwin tomó estos fundamentos y los incluyó en su libro. Darwin insistió en varias oportunidades en que el origen de las variedades, como él las llamaba, implicaba mecanismos como el uso y desuso de los órganos (además de la selección natural) y, de hecho, constituyen un verdadero mecanismo evolutivo propuesto en su obra. En una carta a Nature en 1880, escribe:

¿Puede Sir Wyville Thomson nombrar a alguien que haya dicho que la evolución de las especies depende solo de la selección natural? En lo que a mí respecta, *creo que nadie ha formulado tantas observaciones sobre los efectos del uso y desuso de partes como yo* en mi “Variaciones de los animales y plantas bajo domesticación”; y tales observaciones fueron hechas con ese objetivo particular en mente. *También he aportado una cantidad considerable de hechos que muestran la acción directa de las condiciones externas sobre los organismos* [el destacado es nuestro]. (Darwin, 1880)

Por otra parte, el relato sobre Lamarck presentado como un naturalista poco lúcido que se creyó que los organismos tienen una fuerza vital (sobrenatural) que los impulsa en la evolución, es una caricatura más que un análisis de sus aportes. Para Lamarck la vida no tiene intención de mejorar o de evolucionar. Porque si la vida evolucionara por el criterio (humano) de selección en función de qué es más conveniente o qué otorga una ventaja, implicaría una teleología, una acción persiguiendo una finalidad. Pero así no es cómo evoluciona la vida sobre la tierra. La finalidad es vivir en sí mismo y esto implica necesariamente el proceso que observamos en la naturaleza y que denominamos evolución. Si pensáramos que existe cierta “selección inconsciente” como una fuerza que direcciona la

evolución, estaríamos cayendo en un razonamiento teleológico. En palabras de Lamarck, son los cambios en el ambiente los que generan necesidades y cambios de hábitos (adaptación) en los seres vivos:

Estudiando los animales de todas las clases se encuentran otras cosas que examinar que la que se refiere á su composición. El producto de las circunstancias como causas que ocasionan nuevas necesidades, el de las necesidades que crea los hábitos y las inclinaciones, los resultados del empleo aumentado o disminuido de tal o cual órgano, los medios de que la Naturaleza se sirve para conservar y perfeccionar todo lo que ha sido adquirido en la organización, etcétera, son objetos de la mayor importancia para la filosofía racional. (Lamarck, 1809: 18)

Lamarck tiene una visión holística para entender la unidad, aún la más sencilla forma de vida forma para él un conjunto complejo sobre el que actúa un permanente cambio del ambiente que causa cambios en las especies, no observable en una generación pero sí en periodos de tiempo donde persiste un cambio que exige una adaptación a las formas de vida.

Las circunstancias influyen sobre la forma y la organización de los individuos [...] Ciertamente, si se me tomasen estas expresiones al pie de la letra, se me atribuiría un error, porque cualesquiera que puedan ser las circunstancias, no operan directamente sobre la forma y sobre la organización de los animales ninguna modificación. Pero grandes cambios en las circunstancias producen en los animales grandes cambios en sus necesidades y tales cambios en ellas las producen necesariamente en las acciones. Luego si las nuevas necesidades llegan a ser constantes o muy durables, los animales adquieren entonces nuevos hábitos, que son tan durables como las necesidades que los han hecho nacer. (Lamarck, 1809: 167)

La vida tiene la capacidad de autorganizarse, registrar perfectamente la información ambiental y responder a todas las condiciones mediante el ajustado y correcto funcionamiento en *ese* lugar y en *ese* momento.

Con el darwinismo, esta perspectiva de continuidad entre ambiente y organismo fue relegada al interpretar al individuo en permanente competencia con otros organismos y el ambiente como un seleccionador de las variantes más aptas. Con la intromisión de esta idea antropocéntrica de obtener ventajas en una competencia eterna, se impregnó a la biología y a la naturaleza de un mecanismo casi puramente mercantil, que premia o castiga a las especies y sobre todo que fuera el motor del cambio evolutivo. Pero hoy sabemos los organismos interactúan entre sí (más allá de la clasificación en especies utilizada por el ser para estudiarla), modifican el ambiente y se reorganizan o reinventan (metabólica y genéticamente) ante cambios ambientales bruscos. Todo permanece estable hasta que un cambio en el sistema lleva a una reestructuración de su organización, hecho que ha dejado sus pistas observables, por ejemplo, en el mosaicismo génico que se pone en evidencia al conocer los genomas de los seres vivos.

No se trataría, entonces, de alteraciones aleatorias espontáneas que ocurren dentro del organismo “rindiendo examen” permanentemente ante el ambiente, como circunstancia independiente de lo que sucede en el “exterior”. Esta visión dicotómica organismo-ambiente fue útil en cierto momento o puede serlo para simplificar y explicar procesos que en realidad son dialécticos. El desconocimiento de los complejos mecanismos organismo-ambiente que permiten esa adaptación o el colapso del sistema biológico tomó un nombre en la biología evolutiva: azar. Y con ello se pretendió saldar una cuestión central: ¿Cómo se reestructura un organismo o una parte del mismo? ¿Qué hace que cierta combinación de genes y ambiente resulte en un organismo o estructura estable novedosa, es decir, evolucione? Pero tras ese aparente azar, hay leyes, hay explicaciones y la biología recién en algunos campos de vanguardia está empezando a investigarlas.

Lamarck propuso que la vida tomó su forma actual a través de procesos naturales, no a través de intervenciones milagrosas. Para los naturalistas británicos inmersos en la llamada *teología natural*, esto

era intolerable. Ellos creían que la naturaleza era un reflejo del diseño de Dios, y las especies, fijas. Lamarck afirmaba que era el resultado de ciegas fuerzas primarias. El naturalista francés creó una obra en donde por primera vez se presenta la cuestión de la evolución de las especies más allá del fijismo. El principal propulsor de la evolución es el ambiente (*milieu*), que al cambiar exige un cambio en el organismo. Tenemos entonces, evolución, transformación de las especies, acción del ambiente y a aquellos organismos adaptados a su entorno, la naturaleza los condujo inexorablemente a un aumento de complejidad. De formas simples a las cada vez más complejas.

La generación de formas, aun dependiendo de una tendencia propia de los organismos a su autorganización, está ligada, asimismo, a la acción de factores externos. Estos factores aparecen como desafíos del entorno, y suponen para Lamarck ocasiones para que los seres vivos manifiesten sus inherentes capacidades adaptativas.

En un párrafo de su *Filosofía zoológica* dice:

En el mismo clima, situaciones y posiciones muy diferentes hacen primero variar simplemente a los individuos que se encuentran expuestos a ellas; pero, con el paso del tiempo, la continua diferencia de las situaciones de los individuos de que hablo, que viven y se reproducen sucesivamente en las mismas circunstancias, les lleva a diferencias que se convierten, en cierto modo, en esenciales para su ser; de modo que, tras muchas generaciones sucesivas, estos individuos, que pertenecían originariamente a otra especie, se encuentran transformados por fin en una especie nueva, distinta de la otra. (Lamarck, 1809: 57)

Lamarck es un científico notable por iniciar el transformismo y el estudio del evolucionismo al plantear hace más de 200 años su visión de un ambiente y circunstancias que influyen decisivamente en la transformación de las especies. La vida, como un complejo sistema autorganizativo, constituye su propio fin y medio. Los nuevos conocimientos fueron fortaleciendo esta visión sistémica de los organismos, que no condice con la de máquinas competidoras dominadas por sus genes.

Mencioné antes que este autor introduce el término “medio”, un concepto ambicioso y complejo que representa un pensamiento anticipado a los procesos que recién hoy se intentan articular en un marco teórico que los pueda explicar. Lamarck utiliza además el concepto de *intususcepción* (eliminado en la biología actual), clave de la diferenciación entre materia orgánica e inorgánica. Mientras la materia inorgánica se acumula, la materia viva incorpora y hace propia a las sustancias del medio ambiente (Olarieta Alberdi, 2011). De esta manera, coincide doscientos años atrás con conceptos desarrollados hace muy poco, como el de *autopoiesis* de Humberto Maturana y Francisco Varela, que describiré con más detalle más adelante. El organismo vivo *crea* sustancias que constituyen su naturaleza, utilizando materia prima extraña y modificando las condiciones que lo rodean y modificándose, de esta manera, a sí mismo. Se trata de comprender que este desarrollo ocurre desde adentro hacia afuera, a partir del medio ambiente. Los cambios que requiere el organismo en esa interacción están evolutivamente en el DNA o, más precisamente, el genoma y su utilización son adecuadas para esas condiciones determinadas en las que el individuo se desarrollará. El avance de las investigaciones en epigénesis durante las últimas décadas fortalece este punto de vista¹.

La labor de Lamarck y otros naturalistas que sumaron investigaciones, teorías y descubrimientos a la comprensión del proceso de cambio y transformación de las especies, fueron en parte olvidados, soslayados y en muchas ocasiones tergiversados, quizá adrede, quizá por mero desconocimiento. Porque un factor no menor, y que veremos repetido en otros naturalistas relegados también, es que sus obras dejaron de publicarse y de traducirse. Además de que muy pocos científicos han leído la obra de autores como Lamarck y la ciencia predominantemente anglosajona no lee otros idiomas. A la

1 La epigenética es el conjunto de mecanismos que influyen en la expresión genética y son heredados de generación en generación. Es otro tipo de herencia que ocupa un lugar trascendental en la evolución.

vez, se creó en su momento dicha caricatura lamarckiana por parte del sistema editorial y educativo. Todo ha contribuido a la pérdida del enorme valor científico de los aportes del naturalista francés.

Ejemplo de ello, lo podemos encontrar en el estudio que informa un artículo titulado “De las jirafas a los pinzones, mitos en la enseñanza de la historia de las ideas de Lamarck y Darwin”. El mismo remarca que en los libros y manuales de escuelas de Argentina se replican historias (mitos) relacionados a la obra de Lamarck que se contrastan con datos falsos sobre Darwin, pero ampliamente difundidos. El resultado es este caos que poco aporta a avanzar hacia la comprensión de la evolución biológica. Entre otros errores encontrados, es repetido el hecho de confrontar el ejemplo de las jirafas de Lamarck (tergiversado, claro) con la refutación hecha por Darwin. Se inventa así un enfrentamiento que no es tal. Darwin utilizó en la sexta edición del *Origen de las especies* (1859), el ejemplo de las jirafas para discutir las objeciones a la selección natural hechas por otro naturalista, Saint Mivart, y allí explicó cómo los individuos que poseían un cuello largo iban teniendo mayores ventajas en un ambiente de escasez. Además, sumó otras ventajas que les proporciona el cuello más alto, como permitir mejor observación de depredadores. Así Darwin (no Lamarck) explica que el cuello más largo (no sabe cómo, simplemente lo atribuye a una variabilidad natural) le da ventajas:

En la naturaleza, en el origen de la jirafa, los individuos que comiesen más alto y que pudiesen durante los períodos de escasez alcanzar aunque sea una pulgada o dos por sobre los otros, serían frecuentemente preservados. (Darwin, 1859: 161)

El hecho de que, para Darwin, la escasez actúa como un mecanismo de selección, confluye con la idea de Lamarck que cambios drásticos suponen cambios de hábitos y estructuras. Delineamos aquí una diferencia, para mí, central. La variabilidad no es algo dado para Lamarck sino que el entorno y la respuesta de las formas vivas al cambio confluyen en transformación. Para Darwin, la competencia

es el punto de partida, y algunos mueren mientras otros, aventajados, sobreviven. La cuestión allí es si la dialéctica entre ambiente/necesidad provocan la transformación o, como supuso posteriormente el darwinismo, mutaciones aleatorias generan casualmente un cuello alto que da ventajas para reproducirse en ese ambiente. Pero volveremos sobre esto más adelante.

La mención de Lamarck en los libros suele hacerse a fin de ejecutarlo con inmerecidos calificativos, remarcando que siempre estuvo equivocado, que su vida fue un tanto indecorosa a los ojos de la moral aristocrática y que su muerte ocurrió en la pobreza y el anonimato. Máximo Sandín cita un ejemplo de tal maltrato que encontramos repetido por doquier con ligeras variantes:

El evolucionismo de Lamarck descrito en *Filosofía Zoológica* (1809) no tuvo mejor recepción que sus demás teorías. Cuando Lamarck presentó al emperador Napoleón una copia del libro, se vio reducido al llanto por la insultante reticencia de Napoleón a aceptar lo que creía un trabajo sobre meteorología. Lamarck siguió publicando docenas de artículos hasta 1820, pero pasó los últimos once años de su vida ciego y en la indigencia. Fue enterrado en una fosa común y sus huesos fueron exhumados cinco años más tarde para hacer sitio para otros. (Harris, 1985 en Sandín, 2002: 1)

Para Napoleón la ciencia solo tenía un fin utilitarista y se refería a los librepensadores como “una banda de imbéciles”. Además, Lamarck era afín a las ideas de la Revolución francesa y era cercano a los líderes que la protagonizaron. Como nos cuenta Máximo Sandín, Lamarck tuvo una intensa vida (incluida la amorosa), impulsó, al amparo de la Revolución, la reforma de la obsoleta Sorbona y la creación de cátedras para distintas especialidades. También investigó y escribió sobre meteorología, botánica, paleontología, física, zoología, dejó la vista realizando miles de estudios y disecciones de invertebrados. Pero el Imperio y la Restauración Borbónica le hicieron pagar duramente sus veleidades revolucionarias, y acabó sus días, sus últimos once años, en la más terrible pobreza.

La triste anécdota del encuentro de Lamarck con Napoleón es, además, muy simbólica. Parece que la biología, la historia oficial de la evolución biológica, no ha hecho más que apartar a un rincón una obra fundacional del evolucionismo. Y con ello, se lo mantiene en las sombras ocultando su verdadera altura científica. Tras un velo de confusión y falacias, postergado por cuestiones ideológicas, a este científico se lo ha privado siempre del crédito que merece.

Georges Louis Leclerc, Conde de Buffon. El mentor

Como ya se mencionó en el apartado anterior, Lamarck tuvo como mentor a Buffon, un naturalista de la Ilustración nacido en 1707. Su legado es de fundamental importancia para la biología, si consideramos que llegó a postular revolucionarias teorías para su época.

Buffon se dio cuenta de que, para interpretar el mundo, tenía que entender su historia, y para ello no se basó en la Biblia como una guía estricta para entenderla, como se acostumbraba en esa época, sino en la física de Isaac Newton: conjeturó que la materia en movimiento podría haber formado la Tierra. Propuso que los planetas se construyeron a partir de restos del sol, luego de ser golpeado por un cometa. Describió que en un principio la tierra habría estado a miles de grados, pero poco a poco se fue enfriando hasta que la roca fundida conformó la tierra. A contramano de los mandatos religiosos, Buffon estimó que todo el proceso tomó más de 70.000 años. Una eternidad para la mayoría de los europeos de aquella época, quienes consideraban que la Tierra tenía 7.000 años de antigüedad. La iglesia, como acostumbra, intervino obligándolo a retractarse de tamaña blasfemia.

Unos 106 años antes que Darwin, Buffon escribió:

Podremos también decir que el hombre y mono, como caballo y asno, tienen un origen común; que en toda familia, tanto animal como vegetal hay un único tronco, e incluso que todos los animales proceden de uno solo que con el paso del tiempo, al ir perfeccionándose o degenerando, ha dado origen a todas las demás razas animales. (Buffon, 1753: 382)

Es posible reconocer que Buffon postula que existe un proceso evolutivo en la naturaleza. Tengamos en cuenta además que este naturalista es uno de los grandes exponentes de la idea de *scala naturae*, donde ordena a los seres orgánicos de manera gradual de acuerdo a la funcionalidad. Estableció además el concepto de *especie* en base al aislamiento sexual, fundamentado en la permanencia de los caracteres a lo largo de las generaciones y en la imposibilidad de obtener descendientes fecundos entre dos especies diferentes. Este criterio sigue utilizándose actualmente, aunque es evidentemente limitado en cuanto a su capacidad explicativa: muchos procesos son más complejos, además que la enorme mayoría de los seres vivos del planeta no se reproducen sexualmente.

Buffon describió las similitudes que encontró en los huesos de las extremidades de animales muy diferentes. Se dio cuenta de que los perros tenían huesos en sus patas que eran similares a los encontrados en las aletas de la foca, o que los cerdos tenían dedos de los pies similares a las de otros mamíferos, pero no llegaban a tocar el suelo. Estas observaciones le llevaron a proponer que estos animales no habían sido creados a medida que aparecieron entonces, sino más bien que los animales modernos han surgido de modificaciones estructurales a partir de un ancestro común. Su metodología marca el inicio de la *anatomía comparada*. Sostenía, con ello, la existencia de un plan estructural de los vertebrados.

Entre sus conceptos evolutivos también está la afirmación de la existencia de un tipo original a partir del cual habrían descendido el resto de los animales mediante transformaciones morfológicas. Retomada posteriormente por varios naturalistas, la idea postula que existe un conjunto de estructuras que se repiten en los diferentes organismos y esto constituye un plan estructural básico que tiene modificaciones y particularidades en cada especie. Esto es muy relevante porque estos estudios fueron continuados por Saint Hilaire y cobran central importancia en la actualidad, como veremos más adelante, con nuevas disciplinas que relacionan la biología del desarrollo embrionario con la evolución y la existencia de patrones corporales que se encuentran en especies no relacionadas estrechamente.

Algunos autores consideran que Buffon no era un evolucionista convencido, que ha rechazado las posibilidades evolutivas basándose en la constancia de las especies y la infertilidad de los híbridos. Más allá de que esto realmente haya sido así, y que no hayan sido las circunstancias del poderío de la iglesia y sus represalias lo que lo hubiesen obligado a justificar sus aseveraciones con algunas creencias bíblicas, es evidente que la historia oficial le ha minimizado su influencia en la biología. De la obra de Buffon quedan claras las ideas de la transformación de las especies, la existencia de cambios a lo largo de la historia de la tierra y la posibilidad de un ancestro común, que más tarde aparecerían en el libro de Darwin. Los mecanismos por los cuales ocurren estas modificaciones quedaban por descubrirse. Fue su discípulo Lamarck quien continuó sus investigaciones y generó un cuerpo teórico para explicar la transformación de las especies.

Coincidiendo con Buffon, otro gran naturalista francés desarrolló la idea de un plan estructural común en los animales: su nombre es Saint Hilaire.

Geoffroy Saint Hilaire y la idea formalista

Las ideas transformistas eran blasfemia para la Iglesia. La institución oscurantista contaba con gran poder y naturalistas como Geoffroy Saint Hilaire sufrieron las consecuencias de enfrentar la fe cristiana. Saint Hilaire nació el 15 de abril de 1772 en Ètampes, cerca de Paris. En 1790 fue a estudiar medicina y ciencias a la capital francesa. Allí, durante la época del Terror², Geoffroy salvó a sus maestros y compañeros de la guillotina. Salvadas sus cabezas, en 1807 Geoffroy fue nombrado miembro de la Academia de las Ciencias y luego profesor de zoología de vertebrados en el Jardín de las Plantas, llamado luego Museo Nacional de Historia Natural, en 1809.

Fue Geoffroy quien invitó a otro naturalista, Georges Cuvier, a Paris y, posteriormente, llevaron a cabo investigaciones en conjunto. Cuvier fundó el pensamiento “funcionalista”, con insistencia en los animales como un todo, unidades integradas funcionalmente inmutables y estáticas. Geoffroy siguió la línea “formalista” comenzada por Buffon y continuada por Lamarck y otros. Entendía que existía un arquetipo de animal, una forma única a partir de la cual derivaron todas las formas conocidas. Cuvier, por su parte, insistía que las similitudes entre los organismos resultaban de realizar la misma función. Estas ideas diametralmente opuestas, llevaron a sus defensores a ocho debates públicos entre febrero y abril de 1830.

El debate entre Saint Hilaire y Cuvier plantea una discusión fundamental para la biología: ¿la estructura animal puede ser explicada

2 El Terror fue un período caracterizado por un estado de excepción de la Revolución Francesa en el cual se produjeron una serie de masacres y numerosas ejecuciones públicas en respuesta al fervor revolucionario, el sentimiento anticlerical y las acusaciones de traición por parte del Comité de Seguridad Pública, un cuerpo colegiado de diez o doce integrantes, según las épocas, del cual era parte Maximilien Robespierre.

con referencia a la función o por el contrario por las leyes morfológicas a las que se ajusta la función? Este debate se dio cuando Francia estaba en una etapa de grandes reestructuraciones y la ciencia tenía un papel muy importante. Se estaban definiendo en el plano científico las líneas que tenía que seguir la academia a partir de una nación en crisis. El debate además de ser una discusión entre dos científicos era parte de las maniobras perpetradas por distintos bandos de poder: la iglesia con sus dogmas defendidos por Cuvier y ciertos grupos con ideas revolucionarias que de alguna manera coincidían con los planteamientos de Geoffroy. El punto decisivo fue que Cuvier estaba del lado del poder en ese entonces. Cuvier planteaba que los organismos vivos no se transformaban, sino que tal como habían sido creados por un dios, así se quedarían y que cualquier desequilibrio en el orden establecido produciría la desaparición de dicho organismo. Se erigió entonces a Cuvier como el vencedor del debate. La actitud de la academia, al declarar que no sería el juez que decidiera quién perdería o ganaría, sin tomar parte del debate, posibilitó que creciera el mito vencedor de Cuvier.

El aporte de Geoffroy Saint Hilaire dentro de la historia de la biología, en general, y de la embriología en particular, ha sido menospreciado. Al igual que con Lamarck, se relega su trabajo, tratándolo de precientífico y, a pesar de sus notables aportes, no es considerado un embriólogo respetable. Aunque en varios textos, a veces se recurre a su trabajo y resultados experimentales, se aclara que su práctica puede considerarse como anatomía del embrión, pero no propiamente como embriología (Caballero, 2008), a fin de negarlo como pionero de la disciplina. A pesar del intento de minimizar la figura de Geoffroy Saint Hilaire, su contribución a la biología evolutiva es enorme. Prueba de ello, es que Darwin haya repetido argumentos similares a los de Saint Hilaire y la continuidad del darwinismo los aplauda como propios. Saint-Hilaire estableció vínculos entre evolución y embriogénesis planteando una pregunta fundamental en la evolución: si la ontogenia –el desarrollo de los embriones– permite observar o no la historia filogenética de las especies. Es decir, si las etapas del desarrollo embrionario permiten observar la historia evolutiva.

Para Darwin, existía una relación entre embriones de animales superiores y adultos de formas primitivas, es decir, que le dio importancia al desarrollo embrionario para comprender la transformación de las especies. Los estudios posteriores que se centraron en la selección natural y la genética del azar postergaron la comprensión de la evolución desde los organismos y su desarrollo embrionario.

Saint Hilaire realizó los primeros estudios de embriología y teratología, disciplinas que, en la forma de la actual y moderna evo-devo (evolución estudiada en las etapas de desarrollo embrionario), reúne una serie de conocimientos a favor de la emergencia rápida, o saltos, de novedades evolutivas. Con ello se ha centrado la atención en la comprensión de la evolución biológica como emergencia de patrones en el desarrollo. Y todo comenzó con Saint Hilaire.

De hecho, este último es quien postuló que los cambios morfológicos surgían a nivel de desarrollo embrionario. Esta hipótesis, reforzada por los conocimientos actuales, contradice de plano la visión del cambio gradual, acumulativo, tamizados por una invisible selección natural. Veremos más adelante que esta visión tiene muchos problemas más. Desde el evo-devo se plantea partir del estudio de la embriogénesis para encontrar las leyes de la emergencia de patrones morfogenéticos en el desarrollo y cómo esto genera cambios en la organización corporal, en las estructuras, es decir, cómo posibilita la evolución. Esta disciplina va más allá del reduccionismo en que encalló la biología evolutiva debido, precisamente, a que la embriología estudia una complejidad que no puede reducirse a los genes sino teniendo en cuenta todos los componentes del proceso (Caballero, 2008).

Finalmente, se debe también a Saint Hilaire un antecedente del concepto de selección natural. Consideraba que los cambios heredables de un organismo se enfrentan a una selección ambiental:

El mundo externo es todopoderoso en la alteración de la forma de los cuerpos organizados [...] estas [modificaciones] se heredan e influyen todo el resto de la organización del animal, porque si produce efectos dañinos, los animales que las exhiban perecen y son reemplazados por otros de alguna forma diferente, una forma que ha cambiado hasta adaptarse al nuevo ambiente. (Saint Hilaire, en Caballero, 2008: 28)

Así, la estructura determina la función y actúa en el proceso de adaptación de las formas vivas. Las transformaciones obligan a cambiar para poder mantener a la estructura. Sin dudas, observar el cambio de las especies, que estos cambios no son graduales y demarcar la influencia del ambiente son logros notables de Saint Hilaire como un naturalista pionero en estudios evolutivos. ¿Alguien puede negar, leyendo la cita anterior, que Geoffroy Saint Hilaire está refiriéndose a una suerte de “selección natural”, según la cual el ambiente o la naturaleza selecciona a los más adaptados, idea que fue atribuida casi exclusivamente a Sir Charles Darwin?

Robert Grant. Pensar es traicionar

Robert Grant se formó en medicina en Edimburgo y luego, tras la caída de Napoleón, estudió en París. Discutió en la Sociedad Pliniana sobre transformismo y se ha postulado que un artículo anónimo publicado en 1826 en el que se apoyan los postulados de Lamarck, fue probablemente escrito por él. De hecho, es posible que se haya conocido con Lamarck y compartido sus ideas.

Siendo profesor de anatomía y zoología en Londres, tuvo que impartir cautelosamente sus ideas dado que allí en Inglaterra se sostenía una visión conservadora de la naturaleza, contraria al progresismo y la ciencia francesa. En la Inglaterra de 1829, mientras se pensaba que

cada especie, incluyendo el ser humano, había sido creada por un dios benevolente, Grant se relacionó con médicos que estaban dispuestos a reformar la práctica médica al tiempo que apoyaba el transformismo lamarckista. Como consecuencia de ello, Grant entró en conflicto con los biólogos conservadores. Él formaba parte de un conjunto de médicos disconformes dispuestos a desafiar el inmovilismo del pensamiento. Los conservadores comenzaron, otra vez, una campaña de descrédito del lamarckismo que amenazaba sus creencias.

Darwin conoció a Robert Grant y este le habló de los avances científicos y filosóficos del lamarckismo. Pero Darwin, recibió de manera despectiva estas ideas. De hecho, en su autobiografía señala: “un día cuando estábamos paseando juntos prorrumpió en grandes elogios para Lamarck y de sus puntos de vista sobre evolución. Yo escuché atónito en silencio, y hasta donde puedo juzgar, sin ninguna consecuencia para mi pensamiento” (Darwin, 1887: 17). No sabemos aquí a que llama Darwin “pensamiento”. Podría tratarse de las teorías y observaciones de otros investigadores compiladas en su libro, o si se refiere a su concepción de que existen seres y razas superiores a otros, como creía la sociedad victoriana. También es posible que se refiera a la creencia de que las especies fueron creadas por un ser supremo, convicción de la que Darwin comenzó a desprenderse mucho después, a partir de su viaje en el Beagle.

Robert Grant sufrió en carne propia el castigo por pensar fuera de los dogmas impuestos. El sistema científico es un campo de conocimiento regido por normas de un grupo determinado que busca obtener, y administrar, la legitimación entre pares. Mucho ha escrito sobre esto el reconocido sociólogo Pierre Bourdieu. Hay un *statu quo* al que responder, y abrir discusiones no es tarea fácil ya que alterar la ciencia normal y generar nuevas preguntas es una ardua tarea que implica enfrentar los altos círculos científicos de los países centrales. Cuestionar verdades reveladas puede llevar al castigo del desprestigio. Sin importar la pertinencia del planteo, más fuerte puede ser

mantener pensamientos monolíticos y castigar el cuestionamiento a la autoridad.

El conocido libro de Darwin, *El origen de las especies* (1859), postula como mecanismo de especiación el uso y desuso de órganos y estructuras y la herencia de caracteres adquiridos. Estas dos teorías son las únicas mencionadas en el libro de Darwin como generadoras de variedad. Ambas pertenecen a Lamarck, aquel que Grant elogiaba, mientras Darwin escuchaba atónito. Aunque haya afirmado que no había influido en su pensamiento, claramente sí influyó en su obra.

Un final en común con Lamarck le esperaba a Grant. Su adelantado pensamiento transformista no fue perdonado por la aristocracia británica, que lo marginó profesional y socialmente.

Owen y Agassiz. Profesores de Darwin

Richard Owen nació en Lancaster el 20 de julio de 1804. Inició la carrera de medicina en 1824. Ingresó a Barclay School donde estudió bajo la influencia de John Barclay. Por ese entonces, se debatía si la mente y la vida podían reducirse a explicaciones materiales. Barclay, declarado antimaterialista, argumentaba que la esencia de la vida era un principio vital y la esencia de la mente era el alma, ambas no-materiales. Owen se mudó a Londres donde conoció a John Abernaty, influyente filósofo que le permitió ingresar al Royal College. Allí, se convirtió en curador de la colección Hunter, que consistía en más de 30.000 especímenes anatómicos de animales y humanos. Una de sus tareas fue catalogar nuevamente toda la colección dado que un asistente anterior había quemado intencionalmente toda la documentación. Luego de ello, ya no se interesó más en la medicina.

Owen sintetizó el trabajo en anatomía de los franceses Cuvier y Sant Hilaire con el conocimiento alemán en el área. Acuñó el término

“homología” y postuló la existencia de un plan estructural común para todos los vertebrados, al que llamó arquetipo. Esto complementaba las ideas de Saint Hilaire.

En una serie de conferencias que dictó sobre la colección Hunter asistió un joven que comenzaba a demostrar entusiasmo por las ciencias: Charles Darwin. Curiosamente, más tarde, fue el mismo Owen quien se encargó de catalogar y estudiar los fósiles colectados por Darwin en su viaje en el *Beagle*.

Louis Agassiz, fue otro profesor ocasional de Darwin. Recibió su título de médico en la Universidad de Erlangen en 1830. Estudió con Cuvier en París y después de la muerte de este, promocionó y defendió las ideas geológicas de Cuvier. Alcanzó una gran reputación luego de publicar su abundante trabajo sobre el registro fósil de peces. A partir de sus estudios en glaciología, determinó que había existido una Era de hielo o Glaciación una vez en la Tierra. Alcanzó entonces su máximo prestigio y fundó el primer edificio público de ciencias en Estados Unidos, el Museo de Zoología Comparativa, en 1860.

Agassiz consideraba superior a las personas de raza blanca, en consonancia con el pensamiento de la época. Su acérrimo creacionismo le llevó a interpretar como equivocada la idea de evolución. Sin embargo, en su trabajo como naturalista realizó algunos importantes avances. Determinó que los animales agrupados en clases, podían colocarse en un ranking de los más bajos a los más altos, dentro de cada clase, los órdenes podían formar un ranking similar, y dentro de cada orden, las especies, situando al *Homo sapiens* en lo más alto de la escala. Las formas más simples se hallaban más bajo en el registro fósil y las más complejas en registros más elevados. Fue profesor de Darwin y luego un crítico de la obra del naturalista, ya que al conocer su libro le objetó que el mecanismo propuesto no explicaba el origen de las especies.

La ignorada selección natural de Blyth

No vamos a encontrar en los libros de textos científicos referencias a uno de los naturalistas que postuló el mecanismo de selección natural antes que Darwin, en artículos que este mismo leyó. Edward Blyth es otro gran capítulo omitido por la historia de la biología evolutiva, nació en 1810 en el seno de una pobre familia londinense. Su padre murió cuando él tenía diez años, quedando la madre a cargo de cuatro hijos. El joven Edward pudo ir a la escuela, donde se destacó en historia natural y química, y en su tiempo libre acudía al museo británico. Para 1835, y hasta 1837, ya era un orador habitual de los encuentros de naturalistas de Londres. Posteriormente, publicó varios artículos en *The British Magazine of Natural History* (Vols. 8, 9 y 10).

Las pocas referencias que se hacen a este zoólogo y químico inglés, lo reconocen como uno de los fundadores de la zoología de la India y, al igual que con Lamarck, remarcan sus diferencias socioeconómicas con el gentleman y rico Charles Darwin. Por ejemplo, Brandon Jones escribe:

Blyth lejos de tener únicamente dificultades económicas y sociales, estas se vieron exacerbadas por su residencia en un país con una estructura de clases especialmente conservadora y rígida, y, en su regreso a Inglaterra, por su enfermedad mental y el alcoholismo. Darwin fue felizmente exento de estas necesidades para ejercer su oficio en virtud de una renta privada sustancial, él y Blyth juntos representan casi los dos extremos de la condición social que el zoólogo podría experimentar en el siglo XIX. (Brandon, 1997: 147)

Mientras estaba en Perú, en 1835 durante su viaje en el Beagle, Darwin leyó al menos el primer artículo de Blyth. En este, Blyth describía un fenómeno llamado selección natural. Además, entendía que en la naturaleza existía una lucha por la existencia y describió la radiación adaptativa, aspectos de la biología tradicional que hasta el día de hoy son atribuidos exclusivamente a Darwin.

Tan bien conocía Darwin los artículos de Blyth, que los menciona puntualmente tres veces en *El origen de las especies*. Loren Eiseley en su libro *Darwin and the Mysterious X* (1979) escribió acerca de esta interesante relación. Andrew J. Bradbury, por su parte, ofrece una reseña bastante completa y bien documentada del caso que incluye los artículos originales de Blyth, en su página web titulada *Charles Darwin – The Truth? (A new slant on Victorian science)*.

En una carta de Edward Blyth a Arthur Gothe, se lee: “Estoy preparando un trabajo sobre *El origen de las especies* un tema sobre el que creo puedo arrojar algo de luz” [el destacado es nuestro]. Parece muy poco probable que Blyth no haya advertido que sus ideas, publicadas en 1830, y sus experimentos, –sin recórrsele el debido crédito– fueron a parar como pertenecientes a Darwin, tanto a los pasillos de la Royal Society como, posteriormente, a los libros de historia. Lo más probable parece ser que Blyth, abocado a la ciencia sin ningún interés detrás, alejado del círculo de británicos influyentes nada haya podido hacer desde su precario y mal pagado puesto de curador de museo. Este tipo de situaciones no han cambiado mucho desde entonces.

En la conservadora sociedad victoriana las diferencias de clase eran tan profundas que aquellos formados en teología, y en Cambridge, como Charles Darwin, contaban con el apoyo de un cerrado círculo elitista, influyente y poderoso. Este grupo, que pregonaba las ideas económicas liberales, consideraba a esta proyección del sistema económico como una forma de influir e imponer en la sociedad este sistema como una condición natural por lo que fueron impulsores de las ideas darwinianas.

Es importante remarcar que Edward Blyth al igual que muchos naturalistas de la época, creía en la existencia de un ser superior que había creado al hombre, en tanto que el resto de las especies del planeta se modificaban de acuerdo a la acción del ambiente. Como contracara de la ciencia, la fe sigue recurriendo a argumentos creacionistas y sus defensores señalan a Blyth como un creacionista que

creó el término selección natural. Esto puede comprenderse como una estrategia para reconciliar lo irreconciliable: la fe y el dogmatismo con la búsqueda de una explicación científica a la evolución de las especies (y el origen del hombre). Igualmente, es necesario mencionar que Blyth, tiempo después, interpretó que existía una relación evolutiva entre el hombre y los primates³.

Darwin también creía en un ser creador y durante su viaje en el barco Beagle, que realizaba expediciones para la corona, fue convencido de que las especies cambiaban con el tiempo. Así lo declara en una carta: “Por fin ha surgido un rayo de luz, y estoy casi convencido, (totalmente en contra de la opinión de la que partí) de que las especies no son (es como confesar un asesinato) inmutables” (Carta de C. Darwin a J. Hooker).

Evidentemente, cuando Darwin publicó su libro ya había leído a Blyth y ya estaban publicados otros artículos que hablaban de selección natural, como el de W.C. Wells.

3 En una carta del 19 de febrero de 1867, Blyth sugiere a Darwin que los humanos descenderían de primates similares a los gibones (1867). Señala en dicha carta: “La notable semejanza en la expresión facial de los orangutanes humanos a los nativos malayos de su región, como la de los gorilas a los negros, es más llamativo, ¿qué significa esto? Podría ser una divergencia de la especialización de tipo antropomorfo antes de las peculiaridades humanas, sin embargo, esto implicaría una serie paralela de al menos dos líneas principales de origen humano, lo que parece poco probable, por otra parte hay que tener en mente la semejanza singular de la cara de *Lagothrix humboldtii* (una forma platirrino) con el negro, en donde la semejanza difícilmente puede ser más que accidental. [...] Los Arios, yo creo, que son Turaniana o Mongol mejoradas.”

La idea de Wells, la selección natural

Wells fue el mayor de tres médicos británicos que expresaron teorías evolucionistas entre 1813 y 1819. Los otros fueron James Cowles Prichard y William Lawrence. También Patrick Matthew en 1831 expresó una idea de selección natural.

En 1813, un artículo titulado “Two Essays... with some observations on the causes of the differences of colour and form between the white and negro races of men” de Wells, fue leído en la Royal Society y posteriormente publicado, en 1818. Se trató de una explicación del origen de las diversas razas humanas. Wells expresó:

[Lo que se hizo artificialmente para los animales] parece hacerse con igual eficacia, aunque más lentamente, por la naturaleza, en la formación de variedades de la humanidad, adecuadas para el país que habitan. De las variedades accidentales del hombre, lo que ocurriría entre los primeros habitantes dispersos, alguien estaría mejor preparado que los demás para soportar las enfermedades del país. Esta raza se multiplicaría mientras que las otras disminuirían, y como la más oscura sería la más adecuada para el clima [africano], con el tiempo [se convertirían] en la raza más frecuente, si no la única. (Wells, 1818: 435)

Es la hipótesis de la supervivencia del más apto en su más clara expresión. Darwin incluyó en la cuarta edición de su libro, en un apartado titulado *Bosquejo histórico* que el mérito de la teoría por selección natural se debía a Wells:

En este documento él [Wells] reconoce claramente el principio de la selección natural, y este es el primer reconocimiento que se ha indicado, pero lo aplica solo al hombre, y solo a ciertas características. Después de señalar que los negros y los mulatos disfrutaban de una inmunidad ante ciertas enfermedades tropicales,

observa, en primer lugar, que todos los animales tienden a variar en cierto grado y, en segundo lugar, que los agricultores mejoran sus animales domésticos mediante selección, y luego agrega, pero lo que se hace en este último caso por arte, parece que se hace con igual eficacia, aunque más lentamente, en la formación de variedades de la humanidad, adecuadas para el país en el que habitan. (Darwin, 1859: 3)

Darwin aquí le da crédito de la formulación de la “hipótesis” de la selección natural a Wells, aunque no hace lo mismo con Blyth, pero sí reconoce la obra pionera de Lamarck y los trabajos de Erasmus Darwin, Patrick Mathew, Owen, entre otros. Se suelen descartar los aportes de estos naturalistas, asegurando que ellos no llegaron a expresar a la selección natural como motor o fuerza evolutiva, hecho que le correspondería a Darwin (por ejemplo, Gould, 2002). De lo leído (escrito incluso por el mismo Darwin) no parece ser así. Pero si de especular se trata, quizá no tengamos que asumir un escaso genio de estos pensadores, sino pensar que entendieron que tal concepto no era capaz de explicar la generación de la compleja realidad y variabilidad que se advierte al estudiar la naturaleza.

Otra vez selección natural, Wallace

Hacia ya cincuenta años que Lamarck había conformado una teoría evolutiva considerando la influencia del ambiente y la posibilidad de caracteres adquiridos. Edward Blyth escribía sobre la selección natural y la radiación adaptativa, ambos conceptos ligados hoy al darwinismo. Ya en 1750, la misma idea había sido establecida por Pierre-Louis Moreau de Maupertuis. También por Denis Diderot (1713-1784), William Charles Wells, Patrick Matthew (1790-1874), James Cowles Prichard (1786-1848) y William Lawrence (1783-1867). Como si faltasen antecedentes, es necesario sumar a la lista de científicos que desarrollaron la idea de selección natural a Alfred Russel Wallace.

Wallace sostenía la noción de transmutación de las especies, más precisamente en un mecanismo de transformación desde 1845. El primer artículo de Wallace sobre el tema –“Sobre la ley que ha regulado la introducción de nuevas especies”– fue publicado en los *Anales de Historia Natural* en 1855, un año antes de que Darwin comience a trabajar en la selección natural y cuatro antes de que se conozca la primera edición del libro de Darwin.

Wallace era un científico que abordó diversos aspectos de las ciencias. Escribió artículos relacionados a vacunación, astronomía, espiritualismo y fenología, ciencia que estudia la relación entre los factores climáticos y ambientales con los ciclos de los seres vivos.

Desde sus 35 años, y hasta su muerte a la edad de 90 años, Wallace fue un firme defensor de la selección natural. Aunque no coincidía con Darwin en algunos aspectos: Darwin creía en la herencia de los caracteres adquiridos mientras que Wallace no. Darwin creía también en la selección sexual como mecanismo diferente de la selección natural ecológica. Según este principio, ciertos rasgos secundarios en animales son el resultado de la competencia entre individuos de un mismo sexo para mejorar su capacidad reproductiva. Wallace no estaba de acuerdo en la existencia de tal mecanismo. Pero, además de estas diferencias, que en lo que respecta a los aportes a las ciencias biológicas no son tan distantes, dado que ambos sostenían la existencia de la selección natural, había entre ellos diferencias mucho más significativas, que harán que se reconozca a Darwin como un genio de la biología, en tanto que se minimizó la tarea de Wallace. Estas diferencias, que veremos más adelante, no pasaron por las ideas científicas.

El reverendo William Paley y el diseño inteligente

Darwin utilizó la ya conocida selección natural aplicándola a un cambio gradual de las especies. Esto es una respuesta a los postulados de William Paley, un teólogo natural inglés. Mientras se formaba para cura en Cambridge, Darwin estudió la obra de Paley y llegó a admirarlo profundamente. En una carta de Darwin a Lubbock, de 1859, escribe: “No creo que jamás haya admirado más un libro que *Teología Natural* de Paley: podía casi repetirlo de memoria”.

Paley había nacido en Peterborough, en 1743 y se graduó en el Christ’s College de Cambridge. Escribió varios libros sobre filosofía y cristianismo que fueron muy influyentes. A él se le debe uno de los conceptos centrales de la doctrina creacionista, la del *diseño inteligente*. La metáfora asocia a este diseñador con un relojero: Paley compara los organismos vivos con un reloj en el que cada una de sus partes han sido cuidadosamente diseñadas, integradas, y colocadas juntas en un determinado orden por alguna razón. Un ser vivo, mucho más complejo que un reloj, solo podría haber sido creado por un diseñador inteligente, tal como un relojero hace un reloj.

Las ideas de Paley constituyen un ejemplo claro de la filosofía de la teología natural. De amplia aceptación en la época, brindaba explicaciones teológicas a los estudios y descubrimientos científicos. Para Paley la perfección en los órganos especializados, complejos, y en los mecanismos que involucran adaptaciones del ser humano, como el oído o el ojo, solo podía ser explicada como el resultado de la voluntad y diseño de un ser inteligente, un creador divino. La selección natural era utilizada en un sentido negativo, es decir, que actuaba preservando lo existente, evitando la proliferación de variantes que amenazasen la esencia original del ser creado. La afirmación que las especies modernas preservan los buenos diseños después que la selección natural ha eliminado las formas menos viables. Darwin

toma lo esencial de esta idea reemplazando al diseñador inteligente por la de una selección natural gradualista, de manera que le otorga al concepto de selección de Paley una fuerza *creadora* que sería la razón del origen y perfeccionamiento de las adaptaciones observadas en los seres vivos. Según esta idea, en la competencia por la supervivencia son cruciales las diferencias heredables, aunque muy ligeras, dejando más descendencia y transmitiendo estas pequeñas ventajas a sus descendientes. Como sobreviven solo los más aptos, comienzan a acumularse las pequeñas variaciones favorables. En un proceso lentísimo (según Darwin, inobservable en la vida de un único ser humano o incluso a través de gruesas secuencias estratigráficas), esta competencia y acumulación de rasgos favorables produciría una tendencia hacia el progreso, adaptaciones complejas y perfectas, que explicarían racionalmente la propuesta de Paley. La acumulación gradualista de pequeñas variaciones favorables podría manifestar el grado de perfección hasta en los detalles más mínimos de la adaptación.

Hasta aquí, lo de Darwin es una proyección a toda la naturaleza de la selección artificial que hacían los granjeros para seleccionar variantes animales con características beneficiosas. Aquello que, efectivamente, es una selección hecha por el hombre con el fin de obtener una mejora en algún rasgo de una determinada especie, se proyecta entonces como un acto natural. Lo que es un acto inteligente de decisión, elección y selección se traslada a la naturaleza.

El registro fósil es la primera y principal objeción al cambio gradual puesto que a la vez que es una prueba de la evolución, demuestra que esta no es gradual. Y, además, nos alerta que cualquier teoría gradualista, como la de Darwin, no nos tiene que decir (especulativamente) por qué no vemos en el registro fósil ese gradualismo, sino explicar cómo ocurre esa evolución no gradual que los hechos muestran. Es decir, hay que ir de los hechos a la teoría y no, a partir de una teoría incuestionable, ajustar los hechos. Porque entonces en lugar de teoría estamos ante un dogma.

Darwin recrea el concepto que usaba Paley (selección natural) utilizado como fuerza *conservadora*, reinventándolo como fuerza *creadora*. Pero si se trata de una selección, la naturaleza del origen de las variantes, sobre las que actuaría la supuesta selección, se desconoce⁴. Es importante conocer que los economistas y la gente en general fueron quienes recibieron muy bien los mil y pico de ejemplares de la edición del libro de Darwin, pero también recibió fuertes críticas de naturalistas que ya estudiaban la evolución. Las primeras oposiciones surgieron porque se entendía que las fuerzas seleccionadoras podían mantener las especies como estaban, puesto que cualquier variación podría causar la enfermedad, la inestabilidad y la muerte de los individuos modificados. Charles Lyell, que nunca aceptó el mecanismo de selección natural, lo expresó en marzo de 1860 al admitir que comprendía cómo la selección natural puede actuar como preservadora y destructora, haciendo una analogía con dioses hindúes, la "tríada hindú", Vishnu el preservador y Shiva el destructor, pero que no podía comprender esa fuerza también podría ser Brahma, el creador.

Actualmente, se sabe que las mutaciones aleatorias –que son la complementación moderna para sostener a la selección natural como hipótesis válida–, son generalmente letales y que la sumatoria de mutaciones no son suficientes para explicar la aparición de estructuras nuevas (novedades morfológicas) que es lo necesario explicar para erigir una teoría evolutiva seria y coherente. En una época donde recién se comenzaba a profesionalizar la ciencia y todavía muchos de los naturalistas sostenían el fijismo de las especies y la existencia de una creación por parte de un ser superior, muchos de los ataques a la teoría evolutiva no eran importantes ni válidos científicamente,

4 E. D. Cope, utilizó el título *El origen del más apto* (1887) para remarcar irónicamente la debilidad del argumento darwiniano de la selección natural como fuerza creadora. La maleabilidad del significado de 'selección natural' y su utilidad en la teoría evolutiva darwiniana serán tratadas en el próximo capítulo.

sin embargo, muchas otras observaciones exponían que más allá de la evidencia de un proceso evolutivo, la teoría presentaba serios problemas para explicar y predecir los cambios. Y precisamente, la cuestión de la selección natural como mecanismo para generar la diversidad de organismos en la naturaleza debía y debe ser revisada. Fundamentalmente, Darwin concedía que podía haber otros mecanismos y procesos que permitan explicar la generación de variedad. Con el tiempo, esos mecanismos se van encontrando mientras que la selección natural, sigue siendo tan endeble como entonces.

Con todos los antecedentes planteados podemos preguntarnos ¿Por qué se mantiene hasta la actualidad que el aporte más importante de Darwin fue la idea de selección natural? ¿Por qué muchos investigadores posteriores a Darwin sostienen esta idea como la principal fuerza evolutiva cuando ni el mismo Darwin lo entendía así?

El profesor de geología, Adam Sedgwick

Pocos saben que Darwin fue invitado por el Capitán del Beagle, Fitz Roy, para que lo acompañe en la travesía de explorar nuevas tierras para la corona. El capitán necesitaba un acompañante de clase acomodada ya que parece no era la costumbre interactuar demasiado con la tripulación. A pesar de que el Beagle ya contaba con un naturalista, Darwin, decidido a embarcarse y motivado por las ciencias, tomó un curso acelerado de Geología para aprovechar el viaje. Su profesor fue Adam Sedgwick.

Sedgwick había nacido en 1785, en Dent. Fue al Trinity College de la Universidad de Cambridge. A los 33 años se convirtió en profesor de dicha universidad y realizó importantes investigaciones en geología y paleontología. Sus conferencias se hicieron muy populares dada su gran capacidad como conferencista y también porque estas eran abiertas a las mujeres, rompiendo con la tradición de esa época.

Sedgwick es una gran figura de la época, conocida como la edad heroica de la geología, en la cual se definieron los periodos geológicos. Él y Roderick Murchison, fueron los partícipes de una gran controversia al explorar la geología de Escocia. Ambos presentaron sus trabajos sobre ciertas rocas de la región de Devonshire que, de acuerdo a su registro fósil particular, propusieron una nueva división en la escala geológica, surgiendo el periodo Devónico. Posteriormente, trabajando ambos en Gales, Murchinson definió el periodo Silúrico, en tanto que Sedgwick, propuso la existencia de un sistema de rocas separado, debajo del Silúrico al que denominó Cámbrico. Murchinson proclamaba que la región superior del Cámbrico y por lo tanto todo el Cámbrico, eran en realidad, parte del Silúrico. La discusión entre ambos, tomó años en resolverse. Y se trató de una discusión intensa no porque fuera una cuestión de nombres, el asunto central era cuál de los dos había definido el periodo más antiguo, y esto significaba quién definió el período en el cual sucedió el origen de la vida. Actualmente, se reconoce la existencia de dos periodos, Cámbrico y Silúrico, separados por uno intermedio, el Ordovícico, que toma su nombre al igual que el Silúrico, por una tribu de Gales.

Adam Sedgwick recibió durante su trabajo en Gales, en 1831, la ayuda de un joven recién graduado, que había obtenido su *bachelor in Arts*. Era Charles Darwin. Durante ese verano, el joven Charles recibió clases aceleradas de geología que serían de mucha utilidad en su viaje en el Beagle. Cuando Darwin aún no había regresado de la exploración en el Beagle, Sedgwick leyó en la Sociedad de Geología de Londres el trabajo de este en Sudamérica, lo que le facilitó su ingreso a la sociedad una vez de regreso en Inglaterra.

Cuando leyó *El origen de las especies* se sintió un tanto enojado y, sobre todo, decepcionado por el poco valor científico de la obra, dedicándole estas líneas:

He leído su libro con más dolor que placer. Partes de él, me resultan admirables, y en otras partes me reí hasta que mis costados me

dolieron, otras partes las he leído con tristeza absoluta, porque creo que son totalmente falsas y maliciosamente graves. Usted ha abandonado [...] el verdadero método de inducción. (Sedgwick, 1859)

El ninguneado Trémaux

Trémaux escribió un capítulo muy interesante del evolucionismo, pero esas páginas han sido arrancadas de la historia oficial. Es gracias a científicos inquietos que se puede investigar qué hizo Trémaux y qué hizo la historia con él. Pierre Trémaux fue un naturalista francés, arquitecto y fotógrafo, cuyo libro *El origen y transformación del hombre y de otros organismos* de 1865, presentó una teoría evolutiva basada en el aislamiento edáfico (suelo y, por extensión, el ambiente). Esta teoría es similar a la del equilibrio puntuado, presentada muy posteriormente, en 1971, por Stephen Jay Gould y Nildes Eldredge. Su figura ha sido soslayada e ignorada en la historia oficial darwinista, pero tanto Darwin como Gould tuvieron en cuenta y replicaron su trabajo en las cuestiones esenciales planteadas.

Trémaux, arquitecto de profesión, fue un viajero y brillante ilustrador. Dejó plasmado en muchas ilustraciones sus expediciones por Argelia, Túnez, Egipto, el este de Sudán y Etiopía, entre 1847 y 1848. Posteriormente, entre 1853 y 1854, en un segundo viaje con fines fotográficos, estuvo en Libia, Egipto, Asia Menor, Túnez, Siria y Grecia. Se destacó además en geología (aunque también fue ignorado en esta disciplina) siendo un auténtico pionero del Mapa Geológico de Francia.

Iglesias-Jiménez ha hecho un detallado estudio de los descubrimientos de Trémaux y su influencia posterior. Una de sus obras fundamentales es *El origen* (1865), la cual causó gran impacto en la

exposición universal de París en 1867. Allí propone que el suelo y por extensión el *hábitat*, es el “elemento” fundamental que condiciona la evolución de las especies. Las diferencias en el hábitat se traducirían a los seres que habiten el lugar y condicionaría la cadena trófica llevándolos a un aislamiento, por las características propias de los organismos, ocasionando especiación. El mecanismo de origen de las especies sería consecuencia, entonces, de un *aislamiento edáfico*. Esta explicación de la evolución de la vida como un proceso ligado a la evolución geológica del planeta nos recuerda que en definitiva la evolución de las especies es parte de un proceso planetario mayor. Una comprensión holística que acuerda con los conocimientos actuales.

Estas proposiciones influyen finalmente en la tercera edición de *El origen de las especies* de Charles Darwin. Para Trémaux, el resultado del cruce de los individuos fértiles entre sí de diferentes características, dará una progenie que será diferente e intermedia. Esto le plantea un problema: ¿Cómo evolucionan nuevas características? En algún momento, dice Trémaux, los organismos también diferentes serán infértiles, y esto explicaría cómo una población distinta puede llegar a ser diferente de la población de los padres.

Tremaux define una especie como el conjunto de organismos y el grupo de sus descendientes intermedios que son capaces de procrear juntos. Y plantea un escenario para la especiación: un grupo subespecífico de diversos organismos se encuentran en un hábitat (que él llama aquí una “capa geológica”), ya sea porque han emigrado a ella o porque se ha formado recientemente, que se caracterizan por interfertilidad mantenida por el mestizaje. Este grupo es aislado por una barrera natural, lo que evita el cruzamiento de la colonia local con las especies parentales. Con el paso del tiempo, la colonia se adaptará a las nuevas condiciones, formando un equilibrio, pero manteniendo su cohesión como una especie local. Los entrecruzamientos como resultado de los “efectos” de la modificación del hábitat, favorecen la nueva “variedad”, es decir, la forma más apta localmente, con tendencia a convertirse en una especie distinta tal

que, si se pusiese de nuevo en contacto con la población parental los entrecruzamientos serían estériles. Por lo tanto, la nueva forma ahora será una nueva especie y las adaptaciones locales permanecerán constantes por el cruzamiento, incluso si emigran a un nuevo medio ambiente. En resumen, la adaptación local solo puede ocurrir de forma aislada del resto de la población, siempre y cuando las poblaciones contiguas no contrarresten cualquier ulterior transformación. Trémaux también postula que una nueva especie se puede formar por la “degeneración” en condiciones desfavorables, pero asegura que es probable que se extingan.

Lo que describe se conoce hoy como especiación alopátrica y lo plasmado en su obra demuestra que fue el verdadero "arquitecto" del concepto que se atribuye oficialmente a Moritz Wagner. Este naturalista publica su obra en 1868, es decir, tres años después del libro de Trémaux. La teoría e ideas de Wagner en relación con el aislamiento geográfico en los procesos de evolución de las especies son exactamente iguales a las emitidas en el libro de 1865, quedando claro que la autoría y originalidad deben atribuirse a Pierre Trémaux (Iglesias-Jiménez, 2011).

El naturalista oculto

Su teoría del aislamiento edáfico como origen de las especies es un adelanto notable. El mismo libro de Charles Darwin no responde a esta cuestión principal abordada en el título, como acuerdan muchos darwinistas de ayer y hoy. Como vimos, Darwin apela a los mecanismos postulados por Lamarck, quien fue el primero en establecer una teoría evolutiva completa en 1809. Pero, además, en una edición subsiguiente, incorpora las ideas de Trémaux. Según estas, el proceso de especiación consistía en que la población local podría llegar a un equilibrio adaptativo rápidamente y desde entonces permanecería en un período de estasis.

Trémaux conocía los avances en evolución ya que era heredero del legado no solo de Lamarck, sino también de Saint Hilaire y Buffon. En este sentido, construyó su teoría aceptando el transformismo y buscando una explicación a lo que observaba en el registro fósil. El registro fósil (evidencia) es una prueba de la evolución (hecho) que debe ser explicada con una teoría. Muestra enormes períodos, hasta millones de años, de estasis es decir que las especies se mantienen estables. Los cambios ocurren de manera explosiva. En el cámbrico, por ejemplo, aparecen todas las formas corporales de los animales. Por lo tanto, fácilmente uno puede suponer que para que ocurra evolución (repentina, en tiempos geológicos) debe haber asociado un fenómeno que provoque una alteración total de los ecosistemas, que resultan en la aparición rápida (en tiempos geológicos) de especies, estructuras o planes corporales novedosos.

La teoría se basaba en las observaciones del registro fósil y que este demostraba la aparición de especies asociadas a cambios en períodos geológicos. Darwin conoció el libro de Trémaux, recurrió a él muchas veces y sin embargo su nombre no aparece entre las citas. Precisamente, añadió estos argumentos en sus capítulos sobre la geología (capítulos IX y X de *El origen de las especies*):

[...] Aunque cada especie debe haber pasado por numerosas etapas de transición, es probable que los períodos durante los cuales cada uno se sometió a modificación, aunque muchos y largos, si se miden por años han sido cortos en comparación con los períodos durante los cuales cada uno se mantuvo en una condición sin cambios. Estas causas, tomadas conjuntamente, explican en gran medida por qué a pesar de que no encuentran numerosos vínculos existentes entre las especies del grupo, tampoco se encuentran variedades interminables, la conexión junto a todas las formas extintas y existentes, de los mejores pasos graduados. (Darwin, C., 1866: 136)

Estos conceptos tomados del libro *El Origen* de Trémaux dejan en claro el conocimiento que tenía Darwin de la obra pionera del

naturalista francés. Además, contaba con dos ejemplares del libro en la biblioteca de su residencia. Este hecho, junto a otros, como la incorporación de teorías lamarckianas para explicar el origen de la variedad, permiten una reconstrucción más acertada de la historia interna del pensamiento evolutivo, muchas veces planteado como un descubrimiento personal.

Si bien Trémaux creía en un ser supremo (como alguna vez lo hiciera Darwin), esto no invalida su legado como evolucionista. Por lo que aún queda por resolverse la causa de su aislamiento y su olvido en la historia evolutiva. En su obra, cuestiona enérgicamente la utilidad del mecanismo darwiniano de selección natural. Podemos suponer que esta posición pudo haber contribuido a ser eliminado de la historia oficial.

Quien sí reconoció el trabajo de Trémaux fue un filósofo y político del siglo XIX, Karl Marx. Siendo un notable pensador que desarrolló una filosofía de transformación de la realidad, Marx también estaba atento a los avances científicos. En una de sus cartas a su colega Friedrich Engels, menciona y elogia el trabajo del francés:

[...] representa un progreso muy importante con relación a Darwin. Las dos proposiciones principales son: contrariamente a lo que se cree, los cruzamientos no son los que producen las diferencias, sino, al revés, la unidad tipo de las especies. La formación de la Tierra es por sí sola una causa de diferenciación (no la única, pero sí la causa principal). El progreso, que en Darwin es algo puramente accidental, se presenta aquí como necesario a partir de los períodos de la evolución del cuerpo terrestre. Lo que Darwin no consigue explicar, es aquí muy sencillo. Igual ocurre con la rapidísima extinción de las formas simples de transición, en comparación con la lentitud de la evolución del tipo de la especie, de manera que las lagunas de la paleontología, que tanto estorban a Darwin, se presentan aquí como necesarias. De igual manera se desarrolla como una ley necesaria la fijación (haciendo abstracción de variaciones individuales, etc.) de la especie una vez constituida. Lo

que Darwin presenta como las dificultades de la hibridación, son aquí, al contrario, pilares del sistema, puesto que demuestra que una especie solo está constituida cuando el cruzamiento con otras deja de ser fecundo o posible, etc. (Marx, 1866)

En parte, debemos a esta carta saber de la existencia de Pierre Trémaux. Si no fuese por esto, él y sus libros podrían haberse perdido para siempre en la historia. En la carta notamos que Marx reconoce que la teoría del naturalista francés concuerda con el registro fósil, y es la evolución del planeta la que rige la evolución de las especies. Los cambios son bruscos, en términos geológicos, porque coinciden con los de las eras, lo que implica que ocurrieron transformaciones ambientales profundas.

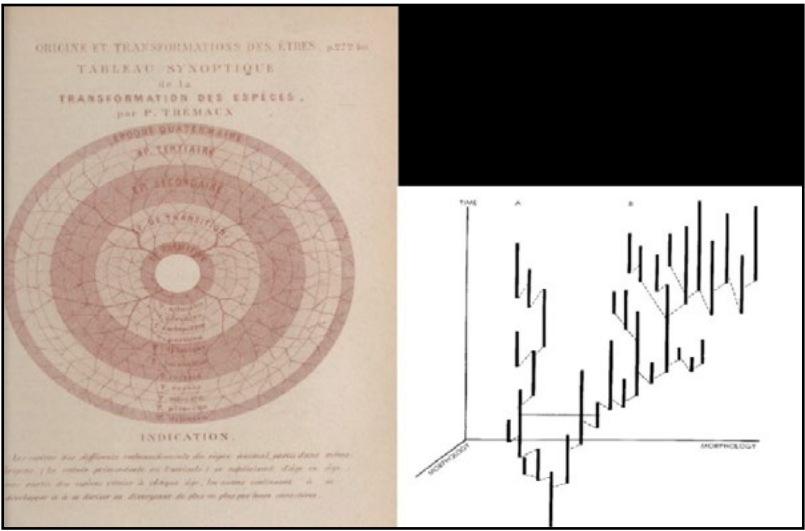
Equilibrio de Trémaux

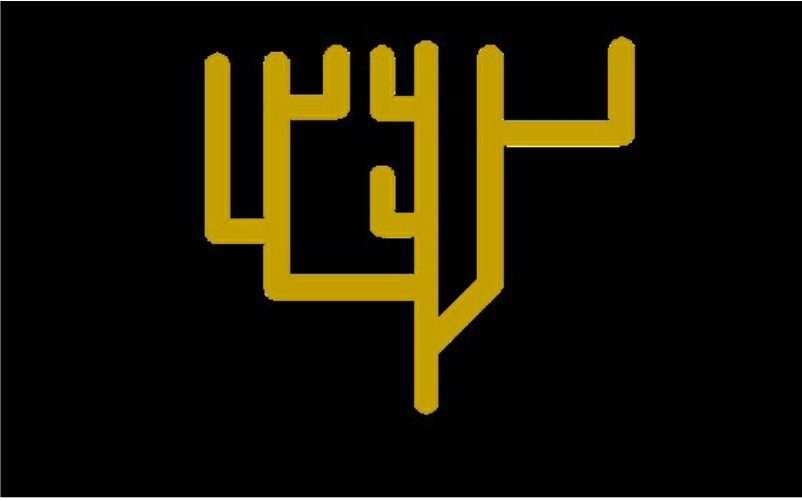
Además del primer ninguneo que sufrió Trémaux, como ha sucedido con muchos otros naturalistas, resulta sorprendente un nuevo “olvido” en pleno siglo XX. Su libro ofrece por primera vez en la historia lo que hoy se conoce con el nombre de la teoría del equilibrio puntuado. Se les atribuye la autoría de esta teoría a Gould y Eldredge, quienes la publicaron en 1971. La misma trata, precisamente, de postulados similares a los de Trémaux. Sin embargo, no se otorga al naturalista francés ningún crédito.

Entre tantas hipótesis *ad hoc*, necesarias para sostener el paradigma darwiniano, aparece el equilibrio puntuado de Gould y Eldredge. Venía a solucionar el problema con el que el darwinismo se encontraba en el registro fósil. Éste demostraba que no hay gradualismo en la evolución.

En la página 272-bis de su obra, Trémaux muestra un diagrama de bloques de su teoría de la evolución, como pueden verse líneas rectas entre las diferentes edades y épocas geológicas que marcan

períodos de estasis (o equilibrio). Iglesias-Jiménez (2008, 2011) ha reconstruido esta historia de la teoría de Trémaux. Lo más sorprendente de este esquema es que el punto de bifurcación de las líneas, es decir cuando una especie (o grupo taxonómico) se transforma en dos nuevas especies o grupos, claramente indica un proceso de cladogénesis (el proceso por el cual una especie se divide en dos especies distintas, en lugar de transformarse gradualmente en otra), y también es para destacar que esto sucede solamente en el momento de un cambio de época, como del Triásico al Jurásico. A continuación, queda casi sin variar (líneas rectas) hasta un nuevo cambio de época, el Cretáceo. Así Trémaux muestra de forma clara en esta imagen los cambios evolutivos que se suceden para grupos a gran escala (macroevolución) exactamente igual, en modelo y contenido, que la teoría de Gould y Eldredge. Precisamente esta teoría surge ante la incapacidad del gradualismo darwiniano de explicar el registro fósil y, por ende, la evolución. Trémaux tenía la explicación para el proceso evolutivo: Los cambios bruscos que implican cambios de eras o períodos geológicos provocan saltos evolutivos. En forma muy esquemática se representa un modelo muy claro e intuitivo que explica perfectamente la discontinuidad de los registros fósiles que a Darwin le molestaban. Este modelo es exactamente igual al esquema que se aplica hoy para explicar el patrón de Gould y Eldredge, por lo que quizá deberíamos llamar, sugiere Iglesias-Jiménez, “equilibrio de Trémaux” a esta teoría para devolver algo de justicia.





El equilibrio de Trémaux

En la página anterior, la página del libro de Trémaux (1865) representando la evolución de las especies, que ocurriría por largos períodos de estasis (líneas rectas) que se continúan con diversificación rápida coincidente con los cambios de períodos geológicos. En esta página, una, representación similar por Gould y Eldredge (1972) para describir su teoría del equilibrio puntuado (Wikipedia Commons). Los cambios en períodos geológicos efectivamente coinciden con procesos de especiación.

Un poco de justicia

Gould y Eldredge reconocen la obra de Trémaux. Precisamente utilizan hasta la misma palabra, equilibrio, para describir una teoría similar. Sin embargo, Gould no menciona que Darwin “tomó prestada” la teoría de Trémaux sin citarlo, tampoco reconoce que la especiación alopátrica por aislamiento edáfico fue planteada por el francés en 1869. Gould asegura, respecto a Trémaux, que no ha

leído una tesis tan absurda y poco documentada. Y como suele pasar en los relatos darwinianos, recurre a mofarse del evolucionista asegurando que la historia lo olvidó merecidamente. Por un lado, no sorprende la lectura que hace Gould, por lo habitual del mecanismo. Ya vimos que caricaturizar las hipótesis o teorías que difieren del darwinismo es algo frecuente. Por otro lado, es curioso que quien se mofa lo hace precisamente de la misma teoría que reelaboró y lo llevó a ser considerado un evolucionista de la elite.

Aparece nuevamente aquí la cuestión de idioma. Las expresiones de Gould sugieren que hubo una mala traducción de la palabra “sol” utilizada por Trémaux. Esta no hace referencia al suelo como única condición de la adaptación de las especies (que Gould limita a las razas), “sol” es lo que llamamos hoy *hábitat*.

Gould también argumenta que Darwin fue influenciado por otro autor, Falconer, para incorporar el párrafo en ediciones posteriores de *El origen de las especies* que hacen referencia a una forma de equilibrio puntuado. Para decir esto, se basa en una carta escrita por Darwin a Falconer. Sin embargo, otros autores interpretan que esta justificación sobreestima las escuetas líneas que, además, escribe varios años antes a la publicación del libro. Gould postula una alternativa al gradualismo darwiniano con una teoría muy similar al equilibrio de Trémaux, escrito 105 años antes. Y lo hace basándose en los párrafos de Darwin donde se observa la influencia directa del autor francés.

Darwin utilizó las explicaciones de Lamarck, de Trémaux y de otra decena de autores que previamente habían teorizado sobre la selección natural (Edward Blyth, Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, Denis Diderot, William Wells, Patrick Matthew, etc.). A pocos de estos naturalistas les dio el crédito. A otros, se les reconoció posteriormente su labor por autores e investigadores que profundizaron un poco más en la construcción histórica de los conocimientos. No fue el caso de Trémaux que aún permanece en las sombras. Al menos,

tuvo un reconocimiento. Mientras la Real Academia de Ciencias de Francia elegía a Charles Darwin como miembro extranjero *ad honorem* en 1878, la Academia Imperial de Ciencias de Rusia lo elegía a Trémaux como miembro en 1877 (Iglesias-Jiménez, 2011).

El monje oculto y luego descubierto. Gregor Mendel

Mientras Trémaux veía los ejemplares recién impresos de su *Origen*, un monje austríaco presentaba ante la Sociedad de Historia Natural de Brünn unos experimentos de cruce de guisantes. Era Gregor Mendel.

El 8 de febrero y el 8 de marzo de 1865, Mendel expuso sus resultados. Posteriormente, fueron publicados como “experimentos sobre híbridos” en 1866, en las actas de la sociedad. El mismo año se publica la cuarta edición del *Origen* de Darwin.

Lo que siguió, y que nos es conocido en mayor o menor detalle, nos cuenta que el artículo de Mendel no tuvo ningún impacto importante. En 1866 recibió una crítica entusiasta pero anónima en un diario de Brünn. Tuvieron que transcurrir más de treinta años para que fueran reconocidos y entendidos. En el año 1900, Hugo de Vries, botánico neerlandés, Carl Correns y Erich von Tschermak redescubrieron por separado lo que se conoce como las leyes de Mendel.

Vale remarcar un hecho curioso que describimos en este capítulo donde se recorre el infortunio de algunos eximios naturalistas: debido a circunstancias políticas, intereses personales, razones económicas o por no estar del lado del poder, no han recibido estos el reconocimiento que les corresponde. Llama la atención la anécdota de los descubrimientos de las leyes de Mendel. La honestidad de los tres redescubridores de Mendel contrasta con los olvidos y ningunos sufridos en otra época.

Iglesias- Jiménez (2008) realiza un interesante análisis de los hechos, que a continuación reproduzco. Repasemos como ocurrió este “redescubrimiento”. Reconozcamos la honestidad de un grupo de naturalistas que podríamos juzgar como pertenecientes al “establishment” científico. Es necesario remarcar que quizá, a diferencia de Trémaux, los resultados de Mendel no pudieron ser ocultados ni menospreciados con la efectividad como ocurrió con el naturalista francés dado que los de Mendel se publicaron en un lugar mucho más visible y en ese momento no representaban un obstáculo a la incipiente consagración de la teoría darwiniana.

El artículo publicado por Mendel fue distribuido a cerca de 120 bibliotecas de todo el mundo a través de la lista de intercambio de la Sociedad de Brünn y estaba disponible en Inglaterra y los Estados Unidos. El documento fue incluido en la Royal Society (Reino Unido), Catálogo de Publicaciones Científicas de 1866 y se refiere sin comentarios en un documento sobre los frijoles por H. Hoffmann en 1869. La única referencia importante que se hace de él es en un tratado de 590 páginas sobre híbridos de plantas, escrito por W.O. Focke en 1881. Allí, el nombre de Mendel se menciona 17 veces.

En un libro publicado en 1885 por Nägeli y Peter titulado *Die Hieracien Mitteleuropas*, el artículo de Mendel se cita fuera de contexto, concentrados en su teoría del papel de la herencia en otros *Hieracien* (plantas con flores en forma de estrella). Se cuenta que Nägeli recibió reimpresiones del artículo de Mendel, una explicación reformulada, los paquetes de semillas de guisantes con notas del austríaco y, aun así, no pudo o no quiso entender la publicación (Janick, 1989). La historia oficial no es benévola con Nägeli, calificando el hecho de vergonzoso y lo castiga diciendo que será recordado por este capítulo que la biología darwiniana le ha escrito.

Se ha llegado a decir que se necesitaron treinta y cinco años para comprender el trabajo de Mendel (las leyes de Mendel aparecen como tales en 1900) debido a que este era un adelantado. Que no

era una persona de ese siglo. Focke, Nägeli y quizá alguno más que citó el trabajo, son tratados duramente por “no haber entendido” a Mendel. Pero podemos dudar de que realmente el trabajo de este haya sido importante, ya que solo cuando pudo incorporarse al neodarwinismo se le concedió su carácter de iluminado. Antes de ello, era desconocido por propios y ajenos. Luego, al igual que lo sucedido con Darwin, el darwinismo creó al genio.

Pero, estos genios darwinianos, no corren la misma suerte que otros al momento de la crítica. Veamos, el artículo de Mendel es aceptado en 1865 y apareció en 1866. El libro de Trémaux, en 1865 y la cuarta edición de *El origen* de Darwin, en 1866. Darwin era un reconocido miembro de la Royal Society, y es difícil imaginar que él o sus colegas no hayan tenido conocimiento de dicho artículo. Ahora bien, Iglesias-Jiménez hace este análisis y considera que los descubrimientos de Mendel apoyaban a *El origen* de Trémaux. Este había realizado en París, según describe en su libro, unos experimentos de hibridación iguales a los experimentos de Mendel (con líneas puras). Trémaux se apoya en estos experimentos de hibridación para su teoría del equilibrio (más tarde, Equilibrio puntuado).

Una carta reveladora es la escrita por Darwin a Wallace en 1866, un año después de que Mendel leyera su trabajo:

Mi estimado Wallace... No creo que comprenda lo que quiero decir cuando afirmo que ciertas variedades no se mezclan. Esto no se refiere a la fertilidad. Un ejemplo explicará el punto. He cruzado guisantes Painted Lady con Purple, variedades de colores muy diferentes, y he obtenido, incluso en la misma baya, ambas variedades perfectamente separadas y no un estado intermedio. Pienso que debe ocurrir algo parecido, por lo menos, con sus mariposas y las formas arbóreas de *Lythrum*. Si bien estos casos son, en apariencia, tan maravillosos, no sé si son, en realidad, más maravillosos que el hecho de que todas las hembras del mundo produzcan machos y hembras bien distintos como descendencia [...] (Darwin, 1866)

Cuando ocurre entonces el redescubrimiento de Mendel, están dadas las condiciones para incorporar estos experimentos al darwinismo. La genética de poblaciones daría entonces nuevamente la razón a Darwin, a pesar de Mendel.

Es destacable que lo enunciado arriba sugiere que Darwin no se anticipó ni se aproximó al hallazgo de las regularidades de la herencia hechos por Gregor Mendel. Pero realizó experimentos "mendelianos" con guisantes. Perseguía con ello, refutar la hipótesis de la herencia mezclada, pues esta última al diluir las variantes y uniformizar gradualmente a los individuos, podía destruir su teoría de la selección natural.

No se encuentran, desde la ortodoxia, críticas objetiva o reflexiones sobre los problemas y la utilidad del concepto de selección natural, convirtiendo a la obra de Darwin en una especie de libro sagrado en el que todo estaba –está– explicado. Pero la ciencia funciona de a pasos, con ideas, observaciones y experiencias que permiten correr la frontera del conocimiento gracias a esfuerzos colectivos y a que los investigadores continúan escudriñando el mundo en que vivimos partiendo de la información y el conocimiento que otros alcanzaron. Además de la cuestión de la originalidad, la piedra angular de la teoría darwiniana, la selección natural, puede y ha sido cuestionada en cuanto a su poder explicativo.

CAPÍTULO II

¿Qué es la selección natural?

Cuando una hipótesis se somete a una verificación experimental se convierte en teoría pero si solo está sometida a la lógica se convierte en un sistema.

Claude Bernard, *Médecine Experimenta*

¿Mecanismo, teoría, ley general?

El libro de Darwin *El origen de las especies por medio de la selección natural o la supervivencia de las razas favorecidas en la lucha por la existencia* (1859) postula como *mecanismo* generador de nuevas especies a la selección natural, en un escenario de continua competencia. Este supuesto parte de la observación de la selección artificial que realizaban los granjeros para mejorar sus especies domésticas. Por tener mayoritariamente estudios y observaciones de variedades de animales domésticos, es decir no salvajes o naturales, el libro iba a ser publicado como un estudio para la crianza de mascotas. Finalmente, el editor cedió a la idea de Darwin de que el libro sea publicado como lo conocemos actualmente. La selección natural causaría la diversidad observada en la naturaleza al seleccionar los caracteres deseados. Y esto venía a contradecir la idea de la estasis de las especies sostenidas por la iglesia y algunos naturalistas. Suponer que dicho proceso artificial de selección es el mismo que encontramos en la naturaleza, tiene un primer inconveniente.

La selección artificial es un mecanismo de mejora, intencional, con un objetivo claro: obtener un mejor rendimiento, un incremento en la producción, favorecer el desarrollo de una característica determinada.

Es teleológico. Hay un seleccionador que decide qué hacer y qué desea obtener. ¿Es posible valerse de esta analogía, entonces? ¿Acaso la naturaleza sufre modificaciones con un determinado objetivo? ¿Si los cambios son aleatorios, quien decide qué seleccionar? ¿La selección implica entonces que la variabilidad surge antes y luego esta selección define la existencia de los seres vivos? ¿Si esta selección ocurre luego de los cambios, qué aporta este supuesto para entender *cómo* cambian las especies, lo que es, en definitiva, el *quid* de la cuestión evolutiva?

Biólogos posteriores a Darwin continuaron señalando a la selección natural como el mecanismo central del proceso evolutivo, del cual Darwin habría sido su “descubridor”. De esta manera, la teoría darwiniana y el neodarwinismo sostienen que se puede explicar la existencia de las especies y, además, la supervivencia de razas favorecidas en una lucha por la existencia (según el propio título del libro), mediante la selección natural. Es central en el libro el postulado de la supervivencia y existencia de razas superiores como continuación de un proceso natural. La palabra evolución no aparece en el libro al principio, sino en una edición posterior.

Sin embargo, desde el inicio de esta obra bisagra, el concepto central no queda totalmente definido. Como advierte Emilio Cervantes, investigador de CSIC de España, no corresponde a la lógica científica y su rigor, la incapacidad de discernir entre teoría, hecho, proceso, mecanismo, agente sobrenatural, causa, consecuencia, etc. Este brazo invisible seleccionador es utilizado para explicar toda la variedad de formas, estructuras y especies en la naturaleza y se lo ha definido de muchas maneras, lo que le otorga una flexibilidad conceptual asombrosa (Cervantes, 2015).

La selección natural toma así, en su origen, diversos significados y matices. Cervantes resume los múltiples significados que encuentra en la obra. En ciertos pasajes se la menciona como causa de extinción: “[...] la selección natural casi inevitablemente causa la extinción

de los menos favorecidos para la vida” (Darwin, 1859: 13); más adelante como medio de modificación: “la selección natural ha sido el más importante pero no el exclusivo medio de modificación” (14). También toma otras definiciones como determinante de preservación de caracteres, proceso general, agente, poder, potencia, fuerza y agente modificador autorizado. Un extenso y detallado análisis sobre el uso de retórica en el libro de Darwin y el vacío explicativo de la idea de selección natural se puede encontrar en su libro “¿Está de broma Mr. Darwin? La retórica en el corazón del darwinismo” (Cervantes, 2015).

En el libro *Evolución* (1977), de los autores Theodosius Dobzhansky, Francisco Ayala, George Stebbins y James Valentine se menciona que “la idea consiste básicamente en que los individuos sanos y vigorosos tienen una mayor probabilidad de sobrevivir y dejar descendencia que los enfermos y endebles” (97). Aquí podemos preguntarnos: ¿Endebles ante qué situación? ¿En qué circunstancias? Nadie puede sostener actualmente (ni en aquella época) que existe una fortaleza, vigor o conjunto de caracteres únicos que definan o garanticen la supervivencia en términos evolutivos, puesto que eso dependerá ante qué deba enfrentarse esa especie. La eliminación de ciertos individuos, no implica evolución, sino que, por el contrario, permanece la misma especie siendo seleccionados aquellos que presentan una adaptación adecuada para esa situación. Pero, esa adaptación, representada por una estructura, proteína, etc., ¿cómo ha surgido? ¿Cómo ha evolucionado? Hasta aquí, la selección natural, no es una respuesta suficiente.

Debemos tener en cuenta que el conocimiento científico participa también del sentido común o discursos normalizadores: circula desde su origen académico-tecnicista hasta llegar de alguna manera a formar parte del conocimiento popular. Comienza en las investigaciones de naturalistas y científicos, como en las primeras obras sobre evolución biológicas, continúa en los libros actuales, los libros de divulgación, la enseñanza en escuelas y universidades, etcétera y el conocimiento decanta y resume en el conocimiento popular. Si

googleamos “evolución”, Wikipedia, como ejemplo destacable de ese conocimiento popular, nos define a la selección natural como *el proceso* por el cual las “mutaciones genéticas que mejoran la capacidad reproductiva se vuelven, y permanecen, cada vez más frecuentes en las sucesivas generaciones de una población” (“Selección natural”, 2015)¹. Esta definición suma conceptos que se conocieron posteriormente a la obra de Darwin, y resume el conocimiento actual neodarwinista incorporando a la mutación como fuente de variación y la capacidad del código genético de ser el molde a partir del cual se sintetizan las proteínas.

Durante mucho tiempo se entendió a los genes, al ADN (ácido desoxirribonucleico), como responsables últimos de las estructuras vivas. Se entendía que variaciones en las secuencias a partir de mutaciones resultaban en las diferencias observables en una misma especie. Este razonamiento es consecuencia del gencentristro que interpretó erróneamente que la base de la vida es el ADN, una molécula que trabajaba independientemente de lo que había pasado y pasaba alrededor de los seres vivos. Se entendía que las mutaciones al azar generaban cambios que, expuestos a un ambiente, iban a seleccionarse en función del éxito reproductivo. Sin embargo, se sabe que las mutaciones son por lo general deletéreas, es decir, interrumpen

1 Es notable el hecho de que la entrada Selección Natural de Wikipedia es modificada con frecuencia. Estamos hablando, según el darwinismo, del concepto central de la teoría, pero evidentemente no solo no hay consenso ni una definición unívoca, sino que hay mucha confusión generada por sostener este concepto en la actualidad, con todo el conocimiento posterior a Darwin. Al buscar esta entrada durante la edición de este libro, aparecen citas a autores como Javier Sanpedro, Lynn Margulis o Michael Ruse, que cuestionan de diferentes maneras al darwinismo y su inmovilismo teórico. Entiendo que lo que antes era enormemente resistido, y hasta censurado, hoy por hoy ha permeado y hasta los más dogmáticos administradores del conocimiento, que antes censuraban y ridiculizaban estas críticas, han cedido a la realidad.

el desarrollo del individuo, son letales. Y, además, está comprobado matemáticamente que no pudo haber emergido la variedad biológica del planeta a partir de la suma de mutaciones aleatorias por lo que los hechos y la lógica dan por tierra con estos supuestos.

Continuando con el libro de Dobzhansky: “Darwin y Wallace consideraron a la selección natural, es decir, la supervivencia y reproducción diferencial de los organismos, como el principal agente director del cambio evolutivo (97)”. Lo que marcaría la diferencia con los naturalistas anteriores que han descrito a la selección natural.

Para Wikipedia, la selección natural es además un *fenómeno* esencial de la evolución con carácter de *ley general* y que se define como la reproducción diferencial de los genotipos en el seno de una población biológica. Luego cita a Darwin:

Existen organismos que se reproducen y la progenie hereda características de sus progenitores, existen variaciones de características si el medio ambiente no admite a todos los miembros de una población en crecimiento. Entonces aquellos miembros de la población con características menos adaptadas (según lo determine su medio ambiente) morirán con mayor probabilidad. Entonces aquellos miembros con características mejor adaptadas sobrevivirán más probablemente. (Darwin, 1859)

La frase atribuida a Darwin no la he encontrado en *El Origen*. Basta una búsqueda en internet para confirmar que es muy utilizada y referenciada para sintetizar y explicar la idea de Darwin, utilizada en clases, en revistas de divulgación y portales de los más variados como definición aceptada del concepto, aunque no parece ser de Darwin.

Una frase de la obra de Darwin que tiene similitud con la anterior es esta:

Debido a esta lucha, las variaciones, por ligeras que sean y cualquiera que sea la causa de que procedan, si son en algún grado provechosas a los individuos de una especie en sus relaciones infinitamente complejas con otros seres orgánicos y con sus condiciones físicas de vida, tenderán a la conservación de estos individuos y serán, en general, heredadas por la descendencia. La descendencia también tendrá así mayor probabilidad de sobrevivir; pues de los muchos individuos de una especie cualquiera que nacen periódicamente, sólo un pequeño número puede sobrevivir. Este principio, por el cual toda ligera variación, si es útil, se conserva, lo he denominado yo con el término de selección natural, a fin de señalar su relación con la facultad de selección del hombre; pero la expresión frecuentemente usada por míster Herbert Spencer de la supervivencia de los más adecuados es más exacta y es algunas veces igualmente conveniente. (Darwin, 1859: 62)

En la enciclopedia, luego de la difundida frase atribuida a Darwin se concluye con una sentencia de fe: “El resultado de la *repetición de este esquema a lo largo del tiempo* es la evolución de las especies” (Wikipedia, 2022) [el destacado es nuestro]. Siguiendo esta línea, finaliza citando diversos ejemplos ficticios ya que podemos aplicar esta narrativa para cualquier circunstancia hipotética por venir. El problema que esto implica es que tenemos que aceptarla así sin más, sin ninguna evidencia científica. Si estamos hablando de una teoría evolutiva consolidada esperaríamos, al menos, suficientes aportes desde la evidencia y la argumentación que expliquen la evolución. Pero contamos con ejemplos que configuran situaciones hipotéticas, el modelo, en las que funciona la selección y estableciendo una lógica a la que debemos sumar, con mucha fe, que el tiempo hará lo necesario para que la diferencia reproductiva y azar produzcan la diversidad biológica, transformen a las especies y se generen nuevas.

Theodosius Dobzhansky (1973) escribió que “La selección natural es al mismo tiempo un proceso ciego y creativo. [...] Solo un proceso creativo y ciego podía producir el éxito biológico tremendo que es

la especie humana” (127). Aclara que la selección natural carece de intención alguna y que las especies se forman porque tienen un genoma adecuado para los requisitos del ambiente. Y luego agrega: “La mejor manera de prever la situación es la siguiente: el entorno presenta *desafíos* para las especies vivas, a la que más tarde puede responder por los cambios genéticos de adaptación” (p. 126). Finalmente, declara una especie de posición creacionista y evolucionista (darwinista) ya que para él

La diversidad orgánica llega a ser, sin embargo, razonable y comprensible si el Creador ha creado (sic) el mundo viviente no por capricho, sino a través de la evolución propulsada por selección natural. Es erróneo sostener que la creación y la evolución son alternativas mutuamente excluyentes. Yo soy un creacionista y un evolucionista. La Evolución es el método de creación de Dios o de la Naturaleza. La creación no es un evento que ocurrió en el año 4.004 A.C.; éste es un proceso que empezó hace aproximadamente 10.000 millones de años y aún está en marcha. (1973: 127)

Dobzhansky fue un darwinista prolífico que entendía la evolución como sinónimo de progreso. Sus escritos han influido notablemente en la biología evolutiva, en la filosofía de la ciencia y en la formación de biólogos en todo el mundo. En sus escritos académicos eludía la cuestión de la progresía en la evolución; pero en los textos divulgativos, que llegaban también al ámbito académico, se define a la selección natural como el proceso utilizado por Dios en la evolución, como mecanismos de mejora y perfección. Los libros de este autor, junto a Francisco Ayala, son la base formativa de un biólogo tradicional.

Emilio Cervantes nos advierte sobre estos razonamientos en que la selección natural es entendida como proceso creativo con tendencia a la perfección: aquí la idea de selección tiene una base teleológica. Si consideramos que la selección natural es un proceso, nos permitiríamos asociarlo con cualquier fenómeno natural, y le estaríamos adjudicando a tal fenómeno un propósito o intención.

El hecho de que Darwin le haya adjudicado a la Naturaleza (llevando la idea implícita de una entidad ajena a nosotros) una capacidad de selección se continuó utilizando el término como reemplazo del auténtico fenómeno (por ej. el cambio de las especies con el tiempo y qué mecanismos subyacen en ello) por un preconcepto de que lo observado es resultado de una (supuesta) selección. *El fenómeno (la evolución) se confunde con el concepto que pretende explicarlo (la selección)* (Cervantes, 2015).

Dobzhansky (1993) plantea que la selección natural es fundamentalmente aquel proceso que ha originado, diversificado y mantenido la teleología interna en los seres vivos, entendiendo que esa “teleología interna” es una finalidad inherente a los organismos y no existe en los artefactos, cuya teleología es externa.

El origen de la adaptación orgánica o teleología interna es un problema fundamental, quizás el más fundamental, de la biología. Existen esencialmente dos alternativas para considerar dicho problema. Una es explícita o implícitamente vitalista. Se considera la adaptación orgánica o teleología interna como una propiedad intrínseca, inmanente y constitutiva de la vida. Sin embargo, y como cualquier vitalismo, esto es una pseudoexplicación; simplemente da por supuesto aquello que se intentaba explicar. La otra alternativa consiste en considerar la teleología interna como un producto de la evolución por selección natural. (97)

Para Dobzhansky, quien no tenía reparos en sostener a la selección natural como proceso de Dios, este factor externo definía esa creación sin intención que se observa en la diversidad biológica. En un intento de amalgamar la religión y la ciencia, el genetista ucraniano ve un plan de Dios en la selección natural, un camino a la perfección y mejora que tiene su cúspide en el ser humano. Más allá del valor de los aportes del científico desde el laboratorio, los artículos y reflexiones en torno a la evolución y selección natural, tienen un tono que, quizá por el afán de divulgar y convencer, parece alejado de lo que

la ciencia debería atender, es decir, una explicación científica basada en los hechos y evidencias. Las ideas en torno a la selección natural, factor anti-azar, herramienta divina, proceso ciego pero creador, son siempre confusas y contradictorias propias de un concepto tan maleable que no aporta claridad ni precisión.

Otro problema aparece si consideramos a la selección como una metáfora: deberíamos encontrar un concepto científico previo, el cual este recurso pretende simplificar y explicar. Pero bien que puede desecharse como tal: su plasticidad conceptual no se condice con un hecho comprobado mediante el método científico, sino que se presenta, en general, como un mecanismo *per se* actuando de forma ubicua.

Todo proceso selectivo, por otra parte, implica razonamiento. Si por selección natural se quiere personificar a un proceso natural en que algunos organismos se eliminan ante circunstancias ambientales, pero sin intención, la proyección de la selección artificial a la naturaleza es equivocada. El origen de este error está en la utilización de la palabra selección como sinónimo de mejora. Recordemos que en su origen la idea de selección es observada en la mejora de especies animales y plantas, donde el hombre selecciona y define qué es lo mejor, de acuerdo a lo que busca. En Dobzhansky la selección y mejora tiene su cúspide en el ser humano. Sin embargo, no hay una entidad con intención de seleccionar al más apto en la naturaleza, la vida parece existir en el planeta sobreponiéndose como una totalidad al ambiente en una interacción estrecha que impulsa transformaciones.

Wallace, quien llegó a la misma conclusión que Darwin, negaba que la selección artificial fuera un caso especial de la selección natural. Ernst von Baer, Agassiz, Richard Owen y Lyell también cuestionaron el “poder” de la selección natural. Al respecto William Provine, prestigioso filósofo de las ciencias de la universidad de Cornell, enuncia:

La selección natural no actúa sobre nada, no selecciona (ni a favor ni en contra), ni fuerza, maximiza, crea, modifica, conforma, opera,

dirige, favorece, mantiene, empuja o ajusta. La selección natural no hace nada... Que la selección natural seleccione viene bien porque nos evita tener que hablar de la verdadera causa eficiente que produce la selección natural. (199-200)

Enterado del vacío explicativo del concepto, Provine parece entender a la selección como el resultado de un mecanismo evolutivo y es interesante conectar esta idea con las nuevas teorías que se discuten actualmente.

No podemos definir a la selección natural como un mecanismo, puesto que esto implica elementos conocidos y ordenados que garanticen un funcionamiento previsible. La selección natural sería formadora de especies y, a su vez, la garante de la supervivencia del más apto. Tiene también que generar novedades morfológicas. Contemporáneo a Darwin y su férreo defensor, Tomas Huxley, cuestionó el mecanismo de selección natural por su inconsistencia con el registro fósil, donde se observan largos períodos de tiempo sin cambios evolutivos. Son aquí los hechos los que refutan fácilmente el gradualismo. Actualmente, se continúa recurriendo a “enormes periodos de tiempo” para explicar que la selección natural es la formadora de nuevas especies, lo que sigue estando en franca contradicción con el registro fósil.

Queda entonces analizar si se trata de un proceso ciego, del resultado de la reproducción diferencial de los organismos o de la causa de la reproducción diferencial. Y además de eso, si se trata de una teoría científica. Cabe cuestionarse también si sostener un término que adquiere distintos significados de acuerdo a las circunstancias es realmente útil para avanzar en el conocimiento de la evolución de la vida.

¿Es la selección natural una teoría científica? Para muchos autores reconocidos, la selección natural puede considerarse un proceso, hecho o conjunto de procesos o, incluso, un relato de hechos, pero no puede ser considerada una teoría. Y, asombrosamente, sigue siendo

este el núcleo del paradigma dominante cuyo origen se remonta a la práctica de los ganaderos y criadores que seleccionaban características anormales en función de sus intereses.

¿Todas estas cuestiones se pasaron por alto cuando Darwin publicó su obra? En general, este éxito editorial, es considerado como la obra que echó la luz de la ciencia sobre las sombras en las que nos había sumido el creacionismo, el que impuso de forma dogmática que todo en la naturaleza permanece fijo y que todo fue creado por un Ser Supremo. Pero no se requiere mucha lucidez para entender que los cuestionamientos a cualquier teoría pueden provenir de la ciencia, de contrastar hechos y de valorar los postulados. La aclamación de la selección natural no fue una reacción unánime. Adam Sedgwick fue quien dijo: “Has desertado del verdadero método de la inducción”. También agregó: “La mayoría de tus conclusiones se basan en suposiciones que no pueden ser probadas ni desmentidas. ¿Por qué expresarlas entonces en el lenguaje y las disposiciones de la inducción filosófica?” (Sedgwick, 1859). Esta crítica de Sedgwick da en un punto central de la teoría de selección, su infalsabilidad. Por ello, desde entonces, la idea de un agente seleccionador sobre inevitables y aleatorias mutaciones es aplicable a todo lo conocido y por conocer sin que haya pruebas. Es un razonamiento circular.

Darwin cita en su autobiografía una certera observación del profesor Samuel Houghton, botánico y geólogo irlandés, que dijo de sus textos: “Todo lo que había de nuevo era falso, y todo lo que había de cierto era viejo” (Darwin, 1874: 69). Crítico de la primera hora sobre lo especulativo e improbable de la idea de selección natural, remarcó además en un artículo escrito en 1860 que la teoría de Darwin pertenecía originalmente a Lamarck y que las diferencias entre el trabajo de los dos hombres eran mínimas.

Richard Lewontin (1974), en su libro *La base genética del cambio evolutivo* indicaba que el estudio de la evolución era una “máquina incapaz de distinguir” refiriéndose a lo que indicábamos anteriormente,

que no se reconoce diferencias claras entre teorías, hechos, mecanismos y procesos; mencionó además que la relación entre la teoría y los hechos merecía una reconsideración. Sin embargo, su pedido se perdió en la confusión científica reinante (Sandín, 2007).

Por su parte, Ronald Fisher (1930), estadístico, biólogo que contribuyó a la creación de la genética de poblaciones y a la síntesis evolutiva moderna, llegó a afirmar que “La selección natural no es evolución”, frase que remarca que la selección natural como sistema matemático de ninguna manera es sinónimo de evolución, proceso del que tenemos pruebas y mecanismos confirmados que no tienen que ver con las diferentes explicaciones de selección. La frase se puede relacionar con la de Julian Huxley: “La selección natural es incapaz de extender el límite máximo de variación y, por lo tanto, incapaz por sí misma de causar cambios evolutivos” (Huxley, 1965; citado por Galera, 2002). Aun así, estos autores aseguran la existencia de la selección natural, limitando su accionar. Hecho que de alguna manera también señaló Darwin en su libro al mencionar: “Lo que la selección natural no puede hacer es modificar la estructura de una especie, sin dar ninguna ventaja, para el bien de otra especie” (Galera, 2002).

La lógica de la selección natural

Un artículo titulado “La selección natural como conjunto de hechos e inferencias”, escrito por Santiago Ginóbili elabora el siguiente cuadro que resume la idea darwiniana de selección natural basado en los enunciados del naturalista británico:



El autor señala que Darwin consideraba a este conjunto de inferencias un argumento que incrementaba, junto con la analogía de la selección artificial, la probabilidad de que la selección natural ocurriera. A partir de lo expuesto, muchos autores han presentado este argumento más o menos modificado como la estructura de la teoría de la selección natural considerando, en consecuencia, a las inferencias en cuestión como deductivas. Esto, señala Ginóbili, es incorrecto porque Darwin ofrece un ejemplo, el de la lucha por la supervivencia entre organismos vivos en un estado de falta de recursos, y luego pide que nos abstraigamos para acceder a lo que él quiere llamar, metafóricamente “lucha por la existencia”. El autor remarca que la reconstrucción presentada de la teoría de la selección natural como hechos e inferencias sería una reconstrucción de uno de sus casos, de una ley especial, no de la teoría de la selección natural más general y, por lo tanto, sería inadecuada.

Ginóbili además elabora el siguiente cuadro que resume las interpretaciones tradicionales acerca de selección natural y su rol en la evolución:



Respecto a esto, el autor asegura que

[...] si la reconstrucción de la teoría de la selección natural como hechos e inferencias fuese correcta con la teoría de la selección natural no se propondría ningún término teórico, pues sus hipótesis fundamentales son generalizaciones empíricas y, como es bien sabido, la deducción no es ampliativa, no puede introducir nuevos términos; de enunciados empíricos no se puede deducir un enunciado teórico. ¿Puede considerarse al principio de supervivencia del más apto una generalización empírica? (Ginóbili, 2006: 7)

Debemos señalar además que los fundamentos del crecimiento exponencial y la lucha por los recursos es una hipótesis de Malthus que nunca fue probada y centrada en la especie humana postergaba otros factores que influyen en las sociedades. Los presupuestos 1 y 2 que llevan a postular la competencia por la reproducción de los organismos son el punto de partida darwinista. Pero esto es suponer una intencionalidad en la naturaleza. De los presupuestos se desprende que, tras la competencia, los animales y plantas que sobreviven siempre son los más aptos. Y estos son los más aptos para sobrevivir. Por ende, tenemos aquí una tautología.

Tengamos en cuenta que este es el planteo de Darwin. De estas hipótesis no puede desprenderse una explicación de la transformación de las especies. Esto no resuelve el origen de la variación, sea cual fuere. No resuelve tampoco el porqué de esa tendencia a la variación. Ni siquiera responde la pregunta de cómo se origina una especie, o por qué el registro fósil muestra la aparición repentina de especies y sistemas de órganos en los organismos. No queda claro con este razonamiento si la explicación de variaciones y selección a partir de cambios ambientales dentro de una población de una especie, supone o no la aparición de especies diferentes. Debemos sostener que esta observación de macrorrganismos (animales y plantas) utilizados como animales domésticos se proyecte como ley a toda la naturaleza.

Establecer una definición unívoca no es posible. Por ello, Ginóbili, se toma el trabajo de dar una definición de selección natural, extraída a partir del libro de Darwin (aunque este nunca elabora una definición clara y concreta, como extensamente describe Cervantes en su libro): “Los individuos con rasgos que cumplen con mayor efectividad cierta función, mejoran su supervivencia mejorando su éxito en la reproducción diferencial” (Ginobili, 2010). Es notable que este autor tenga que aclarar, 200 años después del *Origen* de Darwin, un concepto que debería ser unívoco dado el lugar que ocupa en la biología evolutiva. Y lo hace desde la genética de poblaciones, posterior a Darwin: macroorganismos de reproducción sexual donde operaría (a distintos niveles: genes, proteínas o cuellos de jirafas) la selección natural cambiando gradualmente a los organismos. Aunque ello no tenga en cuenta a los mecanismos comprobados que operan generando cambios estructurales como la simbiogénesis, reorganización genómica o inserciones virales, que describiré más adelante.

Ginóbili asume la validez de las primeras hipótesis, pero nos advierte que con un rasgo adecuado de un organismo solo podemos averiguar la descripción correcta hipotéticamente, basándonos en razones empíricas indirectas, pues podría haber surgido *por otros mecanismos distintos a la selección natural* y, por lo tanto, podría no

tratarse de una adaptación en absoluto. Entonces, “La hipótesis derivada 2 por lo tanto, no se podría deducir de generalizaciones empíricas y la reconstrucción de la teoría de la selección natural como hechos e inferencias sería inadecuada” (Ginóbili, 2010).

Darwin sostiene que “[...] las variaciones que no fueran útiles ni perjudiciales no se verían afectadas por la selección natural, y serían abandonadas a un elemento fluctuante” (Darwin, 1859: 81), y varios años más tarde Mayr afirma “[...] los supervivientes no son una muestra de la población recogida al azar; su supervivencia fue favorecida por la posesión de ciertos atributos que la favorecieron” (2001: 177). Nuevamente, más indefinición. Teóricamente, lo que importa en la teoría de la selección natural no es la descendencia que de hecho se ha dejado, sino la tendencia a dejar más descendencia en individuos que poseen ciertos rasgos, en virtud de la posesión de dichos rasgos.

Ginóbili, finalmente, llega a la cuestión de fondo:

Si lo que se toma en cuenta es la descendencia que de hecho se deja, todo cambio en la distribución de rasgos, incluso aquellos que no se deben a la posesión de rasgos que incrementan el éxito en la reproducción diferencial, se debería a la selección natural, *que se volvería verdaderamente trivial o tautológica*. [el destacado es nuestro] (274)

Una tautología es una verdad irrefutable porque es la supuesta explicación de algo mediante una perogrullada, la “explicación” o definición mediante una ligera variación de palabras que tienen en conjunto el mismo significado ya conocido de lo supuestamente explicado. En definitiva, “La hipótesis de ‘la supervivencia del más apto’ no se deduce de los principios pretendidos, porque se vuelve trivial perdiendo por esto su capacidad de explicar la adecuación de los organismos al ambiente” (Ginóbili, 2010).

Darwin es el exponente más claro de una idea evolutiva por selección natural. Su cuestionable originalidad y valor explicativo pone más en contexto su aporte y nos aleja del genio construido a partir de razones, en gran parte, fuera de la obra científica y nos permite redimensionar su lugar entre los naturalistas evolutivos. Desde luego, su culto como genio llega a los relatos más inverosímiles en libros de divulgación y revistas. Actualmente, cualquier hecho en tanto se atribuya a la selección natural puede enunciarse sin pruebas y declararse como verdad.

En un artículo titulado “Understanding Natural Selection: Essential Concepts and common misconceptions”, el autor reúne varias definiciones de selección natural, todas ellas enfocando diferentes aspectos y corolarios del sistema de variedad y selección. Comienza planteando que se trata de “una diferencia no aleatoria en el resultado reproductivo entre las entidades replicantes, debido en gran medida indirectamente a diferencias en la supervivencia de un ambiente particular, lo que lleva a un incremento en la proporción de características beneficiosas, heredables dentro de una población”. Lógicamente, esta definición está estructurada posteriormente a Darwin. Luego aclara: “Algunos de los componentes del proceso, fuente de la variación y mecanismos de herencia, debido a la información limitada en la época de Darwin, fueron vagos e incorrectos en la formulación original.” Confirmando que lo que encontramos en el libro de Darwin tiene es un concepto entre la metáfora y la maleabilidad semántica, que también pueden considerarse incorrectos. Se trata también de la construcción y reconstrucción que se ha hecho de la selección natural a partir de conceptos vagos y erróneos. Más adelante, define que Darwin tuvo la idea genial de unir la aleatoriedad de la variabilidad con la no aleatoria supervivencia de los más aptos. Se insiste en que las mutaciones aleatorias son la base de la variabilidad, lo que es cuestionable a la luz de conocimiento actual. Las mutaciones aleatorias son en su mayoría deletéreas y el patrón de variabilidad en la evolución suele darse por reorganizaciones genómicas que resultan en emergencias de patrones. Comprender esa lógica no aleatoria puede contribuir más que dogmatizar sobre la mutación al azar.

En el mismo artículo, el autor llama selección natural direccional a la selección indicando que los rasgos más adecuados incrementan en la población. Pero hasta aquí esta especulación nada aporta a la evolución. El autor coloca en una tabla, ocho definiciones de selección natural, todas de la década del 2000. Lo que pone una vez más en evidencia que la versatilidad semántica imposibilita dar una definición unívoca y es un problema evidente para brindar la precisión que una teoría requiere. Las definiciones se pueden enfocar en una supuesta diferencia reproductiva que explica la existencia de cada estructura orgánica, en el aumento de organismos mejor adaptados que otros, en el incremento de genotipos en una población (más aptos), en la causa de cambio en las frecuencias génicas, o el éxito reproductivo de individuos con rasgos beneficiosos. Para explicar un concepto de selección natural recurre, como se acostumbra en libros y publicaciones sobre este tema, a gráficos con situaciones hipotéticas que explican la propia lógica y que debemos asumir que así ocurre en la naturaleza. Proyectar sin más ese modelo, pero sin, al menos, un ejemplo de la naturaleza, real, que lo valide.

Finalmente, el autor reúne un gran número de casos en que se ha utilizado la selección natural incorrectamente a nivel escolar. Le preocupa esta confusión y caos en la enseñanza de la evolución, pero no parece preocuparle que precisamente ese caos surge de la polisemia y confusión propia de la estructura del neodarwinismo. En el mismo artículo, el autor afirma que a pesar de que la evolución y la idea de selección era conocida fue Darwin quien nos proveyó de la primera descripción detallada del proceso y las implicancias de la selección natural. Pero inmediatamente, en la oración siguiente, recurre a Mayr y sus artículos de 18982 y 2001 para poder intentar explicarla y aclara que Darwin formuló la definición de manera vaga e incorrecta por la poca información con qué contaba (Gregory, 2009). Entonces, ¿ese concepto vago e incorrecto necesita hasta el día de hoy escribir y reescribir definiciones pero aun así es incuestionable? Sentencias igualmente contradictorias o taxativas se repiten. Por ejemplo, explicando (otra vez) el proceso de selección, esta vez lo

divide en dos pasos. A pesar de dejar en claro que las mutaciones al azar son la cuestión central del origen de las variantes, afirma que la mayoría son neutrales e irrelevantes para la selección. O son negativas, por lo que raramente pasan a la siguiente generación. Nos invita a creer que aquel pequeño porcentaje va a contribuir a una elevada tasa de reproducción y que esto será la causa de mutaciones beneficiosas posteriores (161). Más que por qué los estudiantes no entienden la selección natural la pregunta quizá sea qué aporta en realidad un mecanismo/proceso/causa/consecuencia seleccionador que se encuentra más en la abstracción lingüística que en el proceso, el real, que quiere explicar.

Estos trabajos actuales manifiestan la dificultad de insistir con un concepto maleable o por lo menos, polisémico, que se replica de manera caótica para explicar todo lo relacionado a aparición de especies, estructuras, genes o caracteres, pero no puede circunscribirse a un mecanismo preciso que explique el proceso evolutivo.

Aquí no agotamos la discusión en torno a la validez de este concepto tan vago, frágil y potente al mismo tiempo. Pero nos ponemos en alerta ante la evidencia de que el darwinismo se construye a partir de artificios lingüísticos, metáforas, razonamientos circulares que han contribuido al caos, desorden e inmovilismo teórico en la biología que parece más cerca de los dogmas que de la ciencia.

La tautología

La situación actual de inmovilismo teórico en la comprensión de la vida y la evolución radica en el carácter intocable de la piedra angular de la teoría, la selección natural. En la tautología de la selección natural, el postulado de que solo unos pocos sobreviven, va acompañado de que sobreviven los más aptos. Es decir, sobreviven los

más aptos para sobrevivir, porque sobrevivir implica que no todos lo hacen; sobrevivir implica aptitud para sobrevivir y sobreviven precisamente porque son los más aptos. Es un razonamiento circular que no representa ningún avance de conocimiento.

En la década de los 70 se debatió sobre el tema. Un artículo muy interesante al respecto es el de Robert Peters (1976), titulado “Tautología en evolución y ecología”. El autor expresa que la teoría de la selección natural determina que sobreviven los más aptos, esto es, la única prueba de que los individuos que componen el paisaje natural son los más aptos es su existencia o, para la teoría y lo que es lo mismo, su supervivencia. Sobreviven los que sobreviven. Peters, argumenta además que una teoría debe ser capaz de establecer predicciones acerca de los resultados o posiciones cuando se trata de inferencias en el pasado, criterio que no cumple la selección natural concluyendo que esta “teoría” no es científica.

El reconocido filósofo y epistemólogo Karl Popper estableció una regla que permite definir cuándo una teoría es científica o no, es decir, el criterio de demarcación es su refutabilidad mediante experimentación siguiendo el método científico. Si una proposición no es refutable, no es científica. Como tautología, el enunciado inicial de la selección natural no es refutable y, entonces, con este criterio tampoco es una teoría científica. En su libro *Conjeturas y Refutaciones* (1963), dice:

No existe ninguna ley de la evolución, sino solo el hecho histórico de que las plantas y los animales cambian, o más precisamente, que han cambiado. La idea de una ley que determine la dirección y el carácter de la evolución es un típico error del siglo XIX que surge de la tendencia general a atribuir a la “Ley Natural” las funciones tradicionalmente atribuidas a Dios. (340)

El error no se quedó en el siglo XIX. El término “selección natural”, tan escurridizo y maleable, más que clarificar o sostener el proceso (o mecanismo, o fuerza, o...) revela que su aplicación confunde aún

más el escenario de la biología actual. Al cambiar el sentido según el objeto que se pretende explicar, la selección natural oculta las grietas y debilidades del paradigma e impide proponer nuevas teorías que se comprueben mediante el método científico. Esta abstracción, a fin de cuentas, ha venido a reemplazar a otra gran abstracción del creacionismo, contra la cual supuestamente se enfrenta, manteniendo a la biología en un inmovilismo teórico.

¿Es posible que aquello considerado como una obviedad que no aporta ningún avance en el conocimiento por parte de la comunidad científica se convierta en la piedra angular de una teoría? ¿Es posible que tantas críticas sean desacertadas? A un afianzamiento cada vez más sólido de la selección natural y el cambio gradual, se sumó un alejamiento de la observación de la naturaleza. Además, con la llegada de la genética de poblaciones, se trasladó el estudio de la evolución al campo de las matemáticas, teniendo en cuenta la existencia de alelos, distintas variantes de genes en la población. Las matemáticas y la estadística ingresan al estudio de la evolución y el modelo matemático de poblaciones y cambio gradual comienza a ser el campo desde el cual puede comprenderse el fenómeno evolutivo postergando otras miradas.

Hay además otra cuestión a considerar. Podemos sumar el asunto acerca de definir a la evolución como un hecho y una teoría. Para Stephen Jay Gould (1981):

[...] la evolución es una teoría. *También es un hecho*. Y hechos y teorías son cosas diferentes, no peldaños en una jerarquía de certeza creciente. Los hechos son los datos del mundo. Las teorías son estructuras de ideas que explican e interpretan los hechos. Los hechos no desaparecen cuando los científicos debaten teorías rivales para explicarlos. La teoría de Einstein de la gravitación sustituye a la de Newton, pero la manzana no se suspenderá en el aire, en espera del resultado. (253)

Este párrafo, que intenta fusionar bajo el mismo nombre a un hecho y a la explicación de ese hecho, nos puede hacer pensar que lo que Gould tiene en mente cuando escribe es un enemigo que comparte rasgos con el darwinismo: la religión, el creacionismo. Luego evoca a Popper acordando con su criterio de demarcación, al afirmar “Nunca podemos probar absolutamente, pero podemos falsificar. Un conjunto de ideas que no pueden, en principio, ser falsificadas no es ciencia” (253) como criterio válido para desmontar a los creacionistas. Evidentemente estos señalamientos no lograron ningún replanteo en el paradigma dominante mientras no se explicita la limitación que tiene estudiar la evolución partiendo de la selección natural, precisamente un argumento no falsable, una tautología. Y ni Gould ni muchos otros naturalistas coincidían con Dobzhansky en cuanto a la evolución progresista y las intervenciones divinas, de manera que no adherían a la sentencia aquella de que todo “tiene sentido a la luz de la evolución”. Siguiendo a Gould, y yendo al problema originario, la evolución no es negada por cuestionar el carácter dogmático del darwinismo y su incapacidad teórica para explicar los fenómenos observables. Por el contrario, es necesario construir una teoría científica sin base tautológica, con sustento en la evidencia científica para explicar el hecho (la evolución).

Antes de comenzar a entender cómo los avances de distintas áreas de la ciencia llevan a discrepar o cuestionar el paradigma darwiniano, debemos preguntarnos cuál es, entonces, la causa de su triunfo global y por qué hay tantos científicos dedicados a construir un sólido basamento teórico que lo supere. Significaría un verdadero avance en la biología y en todas las ciencias que se han basado en el darwinismo, detenerse a pensar el valor científico de un concepto tan maleable, que suma confusión y dogmatismo sobre la forma de interpretar los hechos y datos científicos. Muchos naturalistas posteriores permitieron retomar las investigaciones en otros campos biológicos que contribuyen hoy en día a plantear un nuevo paradigma evolutivo. Varias de estas cuestiones fueron consideradas muy importantes por el propio Darwin. La mayoría coincide en que la selección natural,

que actuaba sobre los organismos en permanente lucha, era para Darwin un mecanismo importante pero no el único. En realidad, es aquel concepto tan vago el centro de su teoría, aunque luego reparó en que su rol en la evolución debía limitarse, al señalar:

Por lo tanto, se puede dar con seguridad una gran extensión aún no definida a los resultados directos e indirectos de la selección natural; pero ahora admito [...] que en las ediciones anteriores de mi 'Origen de las especies' tal vez atribuí también mucho a la acción de la selección natural o a la supervivencia del más apto. He alterado la quinta edición del 'Origen' para limitar mis comentarios a cambios adaptativos de estructura [...]. Sin embargo, anteriormente no consideré suficientemente la existencia de estructuras que, en la medida en que podemos juzgar en la actualidad, no son ni beneficiosas ni perjudiciales; y creo que esta es una de las mayores omisiones detectadas hasta ahora en mi trabajo. [...] no pude anular la influencia de mi anterior creencia, entonces casi universal, de que cada especie había sido creada a propósito; y esto me llevó a mi suposición tácita de que cada detalle de la estructura, excepto los rudimentos, era de algún servicio especial, aunque no reconocido. (Darwin, 1872:53)

A lo largo de su obra, la existencia de toda estructura u órgano se atribuye a la selección natural, esto es una práctica que continúa en gran medida hasta nuestros días, a pesar que explicar todo con esa afirmación es no explicar nada. Darwin expone que él atribuyó al concepto selección natural la existencia de todo órgano, útil o no, debido a que intentaba demostrar que las especies no fueron creadas de manera separada, sino que son fruto de la evolución compartiendo orígenes comunes.

Por otro lado, Darwin recurrió a las explicaciones elaboradas por Lamarck cincuenta años antes, como el uso y desuso de los órganos o estructuras: “Los principales agentes que parecen provocar el estado rudimentario en los órganos, son la falta de uso” (Darwin, 1872: 8)

y de la herencia de caracteres adquiridos. Algo que los nuevos descubrimientos en relación a la epigenética y el valor evolutivo de los cambios no definidos por los genes, están demostrando como mecanismos centrales, más que excepcionales.

Hay dos ejemplos de selección natural que se repiten en libros, páginas de divulgación, enciclopedias o en la citada Wikipedia (que representa un resumen de la situación y validez actual del concepto en ámbitos no académicos): la polilla del abedul y la resistencia a antibióticos en bacterias. Tenemos toda la diversidad biológica, cada estructura, cada proteína, cada tipo celular, cada sistema de órgano, cada gen, cada especie de alga, cada una de los millones de especies de insectos, etc. y lo que el lector quiera imaginarse dentro de la naturaleza viva, que podríamos utilizar como ejemplo de selección natural si este fuese un mecanismo comprobado de evolución. Pero no hay nada de eso. Solo los mismos dos ejemplos mencionados. El problema con esto es que el primero es una farsa y el segundo es un procedimiento de laboratorio que evidencia la variabilidad y la aplicación de una presión de selección, pero no comprueba sea un mecanismo responsable del cambio evolutivo implicado en la aparición de estructuras biológicas y nuevas especies.

Veamos el primero, el conocido caso de la polilla del abedul o *Biston betularia* y su romance con la Revolución Industrial. En los bosques de Manchester vive este lepidóptero que durante el día reposa en los líquenes de las cortezas de los abedules. Su parecido color con la superficie mimetiza al insecto resguardándolo de sus depredadores. La población de mariposas presenta una variedad de colores desde color negro (llamada carbonaria por los coleccionistas), hasta color blanco o claro (llamadas típicas) y una gama de grises (llamadas insularia). Con el advenimiento de la industria pesada y la enorme producción de hollín, las cortezas de los árboles se oscurecieron. Esto hizo que aquellas polillas oscuras tengan cierta ventaja sobre las polillas claras que quedaban en evidencia ante sus depredadores y eran devoradas con mayor facilidad. En 1895 el 95 % de todas las

mariposas de abedul eran de la variedad carbonaria. La explicación, como resultaría obvia, es que al cambiar las condiciones los pájaros capturaban a las más visibles. Era la historia que probaba la existencia de la selección natural.

Allí estaba la selección natural en acción, Darwin tenía razón. Pero, lamentablemente, no fue el final de la historia. La idea de que la selección natural podría explicar el aumento de las polillas oscuras se sugirió en el siglo XIX, pero no fue probada hasta 1953, cuando EB Ford, biólogo de Oxford, contrató a un lepidopterólogo aficionado, HBD Kettlewell, para salir al campo y averiguar lo que estaba sucediendo. Kettlewell, médico y coleccionista de polillas desde niño, aprovechó la oportunidad de abandonar su práctica médica y dedicarse a su afición a tiempo completo.

Según cuenta Judith Hooper en su libro *De polillas y hombres. Intriga, tragedia y la polilla del abedul*, Kettlewell fue al bosque conociendo los resultados que quería y el experimento se realizó bajo condiciones muy artificiales. Las polillas de laboratorio se colocaron en los árboles en posiciones nada naturales, en el momento equivocado del día. Parece que en la desesperación de Kettlewell por tener éxito y complacer a su exigente mentor Ford, simplemente podría haber visto lo que quería ver. Realizado por algunos de los científicos más brillantes de Gran Bretaña, allí nació el experimento hartamente repetido en todos los libros de biología y evolución con un par famoso ahora, de aparentemente indiscutibles fotografías en blanco y negro (tal cual se encuentra en libros de todos los niveles y en Wikipedia). En una de ellas, una polilla oscura es notablemente evidente en el tronco de un árbol cubierto de líquenes, mientras que una flecha señala una polilla moteada casi invisible cerca. En la otra, la polilla moteada reluce como un faro en el tronco de un árbol oscuro, desnudo, y la polilla oscura queda perfectamente oculta.

Pero el experimento habría sido manipulado, Kettlewell decidió qué polillas se ocultaban de forma segura de las aves y cuáles no. Las

polillas de las fotos que aparecen en el trabajo fueron pegadas a los árboles. Es conocido que estas no se posan sobre los troncos sino en una parte más oculta del mismo.

Y, además, ¿es esto un ejemplo de evolución por selección natural? La explicación darwiniana es que el mimetismo industrial es considerado como una ventaja adaptativa de una parte de la población seleccionada. A causa del hollín en los árboles surgió una variación en los porcentajes de un fenotipo dentro de una población. Lo que demuestra en realidad este experimento es la capacidad de adaptación de este organismo debida a su variabilidad intrínseca dentro de la población. ¿Hasta dónde llegaría el efecto de la selección natural en realidad, si es que realmente ocurre? ¿Generaría cambios en las poblaciones en cuanto a determinado fenotipo, a la denominada adaptación? Para peor, en un trabajo reciente se repitió el experimento y los resultados no fueron los esperados.

La historia termina peor, Kettlewell, tras no poder ingresar a la Royal Society, comenzó a sufrir episodios recurrentes de bronquitis, neumonía, pleuresía y gripe, junto con problemas de corazón. En 1978, se cayó de un abedul en una expedición de recolección, rompiéndose la espalda; murió el 11 de mayo de 1979, al parecer debido a una sobredosis de analgésicos (Raeburn, 2002).

Veamos el otro ejemplo: resistencia a antibióticos en *Escherichia coli*. A veces, esta selección de bacterias resistentes es mencionada como un ejemplo de “lo rápido que la evolución actúa”. Se trata de un proceso de selección (artificial), en el que se coloca un antimicrobiano que elimina aquellas bacterias que no adquirieron resistencia. Esta resistencia no suele darse por azar, sino que las bacterias tienen mecanismos de reorganización génica que es compartida a la población para reaccionar al desequilibrio ambiental. La selección de mutantes no prueba que esto sea un mecanismo natural en el proceso evolutivo (aparición de especies y nuevas estructuras, por ejemplo), menos aun cuando actualmente se conocen mecanismos

de transferencia horizontal y elementos móviles que participan de una manera sustancial, más allá del postulado tradicional de mutación al azar y selección. Se puede interpretar que un nuevo carácter adquirido es heredable y compartido por la población de bacterias de la misma especie original. La complejidad y el orden que surge ante una desestabilización ambiental es lo que debemos estudiar para entender los mecanismos tras la evolución.

En su libro *Desde Darwin* (1983), Gould afirma que la selección natural ha sido distorsionada y para ello señala los postulados básicos: 1) los organismos varían, y estas variaciones son heredadas por su descendencia; 2) los organismos producen más descendencia de la que puede sobrevivir; 3) por término medio, la descendencia que varíe más intensamente en las direcciones favorecidas por el medio ambiente sobrevivirá y se propagará. Por lo tanto, las variaciones favorables se acumularán en las poblaciones por selección natural. Para decir que esta idea no carece de complejidad, Gould prosigue:

[...] la variación debe producirse al azar [...] nuestra actual comprensión de las mutaciones genéticas sugiere que Darwin tenía razón al mantener que la variación no va dirigida en direcciones favorables. La evolución es una mezcla de azar y necesidad [...] nuestra comprensión de los mecanismos de la genética respalda el punto de vista de Darwin de que el meollo del cambio evolutivo son las pequeñas mutaciones. (Gould, 1983: 6)

En aquel tiempo esta convicción podría ser real. Hoy podemos decir sin lugar a dudas que los grandes cambios evolutivos implicaron grandes reestructuraciones, que emergieron bruscamente como respuesta de un sistema complejo. Aquí el azar podría no ser más que desconocimiento. Un cambio ambiental genera alteraciones y respuestas de los organismos que necesitan ser explicados, porque allí radica la emergencia de nuevas estructuras, reorganizaciones genéticas, inserciones (o producción) de virus, y ello sucede con mecanismos conocidos (porque sabemos los elementos intervinientes,

su interacción y resultado) que están detrás de la respuesta compleja de los organismos y la consecuente evolución. En ese camino, muchas investigaciones están en curso en la construcción de una teoría evolutiva. Las integraciones virales en los genomas de todos los organismos ocurren en un sentido, de acuerdo a los cambios organismo-ambiente. Las mutaciones, casi siempre letales, no pueden explicar, ni siquiera mediante acumulación, la emergencia de estructuras. Los reordenamientos genéticos implican reestructuraciones como respuesta sistémica de acuerdo a la integración organismo-ambiente. No bastan ni el azar ni la mutación. Ni azar, ni necesidad.

Antes de ir a los postulados que permiten elaborar una nueva teoría, intentaremos analizar cómo el contexto social y económico permitió la victoria total del darwinismo como teoría y, sobre todo, como visión del mundo.

Mercado y biología

Thomas Malthus

Antes de Darwin, la “teología natural” o “religión de la naturaleza” era la idea religiosa y filosófica dominante europea. Esta ideología, ampliamente aceptada, no negaba la “lucha por la existencia”, donde los débiles eran víctimas de los fuertes. Pero esto, lejos de ser condenado, constituía una forma de aceptación de la lucha como ley natural. Estos hechos formaban parte de un todo que se mantenía en armonía. Las guerras, las luchas, formaban parte de esta naturaleza y eran un mecanismo providencial donde cualquier masacre podría contribuir a un bien general que probaba entonces la benevolencia de la Providencia divina. Alexander Pope resumió esta cosmovisión en la frase “Mal parcial, bien universal”. Era un orden social. La lucha por la existencia era parte de ese equilibrio y razón universal (Bequemont, 2011).

Malthus ha sido utilizado para apuntalar el argumento de que la pobreza es el resultado inevitable de las leyes de la naturaleza, en lugar de los resultados de las injustas relaciones sociales. La ley de población de Malthus surge, en este contexto, como una ley de la naturaleza y, por lo tanto, en simpatía con el orden social. La eliminación de ciertos individuos era parte de las reglas de la naturaleza, necesarias para la elevación de toda la humanidad. Malthus, pastor anglicano, desarrolló estas ideas en su libro *Ensayo sobre el principio de la población*, publicado en 1798. Allí, señala que las leyes de la población son diseño de la Providencia (Dios) para limitar el desarrollo de la población y sus consecuencias negativas. Las aplicaciones políticas son obvias, imponen que toda ayuda a los pobres, explotados o marginados es contra la naturaleza porque es la libre competencia, dolorosa en un presente, el mecanismo natural y necesario para el futuro de la sociedad.

Una de las bases que toma Darwin para generar su teoría de la competencia y selección es la teoría (o hipótesis) de Malthus. La (anti) popular idea malthusiana no es una ley, sino una hipótesis. Se ha camuflado muy bien como una teoría indiscutida en la que advierte que “La población, si no encuentra obstáculos, aumenta en progresión geométrica. Los alimentos tan solo aumentan en progresión aritmética”, basado en Malthus, 1798:4-6.

Este pensador y economista alcanzó el reconocimiento a partir de su Ensayo y gracias a las necesidades de la isla de detener el avance de las ideas revolucionarias francesas. Henry George, en *Progreso y miseria* (1879) ya había argumentado que las ideas malthusianas eran poco más que la apología poco profunda y desenfrenada del capitalismo. El lúcido William Godwin, escritor y político británico, en respuesta al ensayo de Malthus titulado *Sobre la población* (1820), refutó sus argumentos a través de su obra *Justicia política*. Con erudición y análisis, Godwin pone en evidencia la parcialidad de las observaciones de Malthus. Rebate que el crecimiento poblacional sea exponencial, ya que este último analiza este tema solo bajo dos aspectos: el crecimiento poblacional y la producción de alimentos, dejando de lado numerosos factores como las migraciones, las condiciones de trabajo, etc. Históricamente, la población ha mostrado patrones discontinuos de crecimiento, asegura Godwin. Además, destaca que detrás del pseudoargumento malthusiano hay tan solo una legitimación de la desigualdad y la injusticia, entendiendo como consecuencia natural la existencia de propiedad privada y pobreza, ya que los pobres no merecen cubiertos en el “banquete de la vida”. Es la declamación de la opresión de una clase sobre otra como una consecuencia natural de la vida. Godwin entiende que los planteamientos de Malthus y los liberales pretenden subyugar la libertad y espontaneidad de las personas, disfrazando de ciencia su deseo de control de las mentes y cuerpos para conseguir el conformismo social (Sanchez García, 2007). La tesis malthusiana sostiene que una parte de la población debe necesariamente sufrir escasez, a la vez que exige pasividad y resignación ante la situación que naturalmente

les corresponde. Pero aquella “ley” de Malthus desconocía otros factores que influyen, tales como el desarrollo tecnológico y el incremento de la producción de alimentos consecuente. Dado que no es adecuada para las sociedades humanas, resulta cuestionable su aplicación como proyección biológica. Aun así, la idea de Malthus ha pasado a formar parte de la estructura misma del darwinismo, esto es insoslayable.

El libro de Darwin no resuelve el origen de las especies. Esto es reconocido por prácticamente todos los científicos del área evolutiva. Lo que deja bien claro *El origen de las especies* es, como lo indica en su título completo, “Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural, o el mantenimiento de las razas favorecidas en la lucha por la existencia”, que existen razas favorecidas (más aptas, superiores) en la lucha por la existencia (natural, providencial).

Se suele mencionar que el éxito de Darwin se debió a que dio una explicación alternativa a las ideas religiosas acerca del cambio de las especies, sin embargo, la clave del éxito del darwinismo, como ideología socioeconómica, es precisamente la tendencia religiosa y conservadora que compartía con la sociedad que la recibió. Como señala Sandín, poco importó que el sustento científico malthusiano sea nulo, el sumo pontífice anglicano es el propio rey de Inglaterra y la burguesía británica obviamente lo respaldó (Sandín, 2011).

Spencer y Smith

Darwin escribió *El origen de las especies* (1859) basado en la teoría de Malthus y en las expresiones de Herbert Spencer: “como se producen más individuos de los que es posible que sobrevivan, tiene que haber forzosamente, una lucha por la existencia [...] Es la doctrina de Malthus aplicada con multiplicada fuerza a la Naturaleza” (5). Más adelante, agrega:

[...] he llamado a este principio por el cual se conserva toda variación pequeña, cuando es útil, selección natural para marcar su facultad con la selección del hombre. Pero la expresión usada por Herbert Spencer de que sobreviven los más aptos es más exacta. (62)

A esto se le suman observaciones realizadas por otros naturalistas y la experiencia del autor con animales domésticos y plantas. Como afirma Sandín: “la idea expresada con más convicción en la obra de Darwin es la extrapolación de las actividades de ganaderos y agricultores a los fenómenos de la naturaleza” (Sandín, 2011: 38).

En plena revolución industrial, Darwin observaba el crecimiento de la miseria y la pobreza. Estaba ligado a las políticas de *laissez faire*, propulsadas por Adam Smith, que proponían la menor intervención estatal (se postulaba hasta dejar de crear escuelas) a fin de que “naturalmente” se elimine a los desposeídos mediante una libre competencia. La mano invisible del mercado se proyectó a la biología, a partir de Darwin, como la mano invisible de la selección natural. Con ella se pretendió explicar el complejo proceso evolutivo. De esta manera, la economía secuestró a la biología llevando a interpretarla bajo un pensamiento economicista (Sandín, 2000).

Según la reconocida historiadora estadounidense Gertrude Himmelfarb, especialista en la sociedad y cultura de la era victoriana:

La teoría de la selección natural solo podría haberse originado en Inglaterra, ya que solo la Inglaterra del *laissez faire* previó la mentalidad atomista, egoísta, necesarios para su concepción. Solo allí pudo Darwin asumir que la unidad básica es el individuo, el instinto es el interés propio, y la actividad básica, la lucha. Oswald Spengler, filósofo e historiador alemán, describió a *El origen de las especies* como: “la aplicación de la economía a la biología”, señaló que apostaba a la atmósfera de la fábrica inglesa y que “[...] la selección natural surgió en Inglaterra, porque se trataba de una expresión perfecta de la ‘filosofía de la avaricia’ victoriana, de la ética de la economía capitalista de Manchester”. (Himmerfab, 1962: 418)

En ese entonces, el libro de Darwin fue un récord de ventas (1250 ejemplares en su primera edición), en gran medida debido a que, desde el propio título, la sociedad victoriana de la época encontró una infame explicación biológica a la explotación del hombre por el hombre y la existencia de seres “más aptos” o superiores. El concepto de raza superior era entonces justificado como “ley natural”.

Se asegura que Darwin encontró rechazo en la sociedad de la época y también en la jerarquía eclesiástica, siendo muy conocida la discusión entre Huxley, defensor de Darwin, y el obispo de Oxford, Wilberforce. Si bien la iglesia defendía el fijismo, es decir, que las especies no cambiaban, también cuestionó los puntos débiles de la propuesta darwiniana que asumía el hecho de la transformación de las especies, pero sin pruebas de los mecanismos. Wilberforce acertó en algunos puntos al cuestionar en primer lugar que en el transcurso de la historia humana no había pruebas de ninguna especie nueva en desarrollo, en segundo lugar, que las presiones selectivas, mientras que es cierto que tienen un efecto, no causan un cambio de las especies y, en tercer lugar, que el fenómeno de la esterilidad de los híbridos era una prueba fuerte en favor del carácter fijo de las especies.

Aunque resistido por algunos sectores eclesiásticos, Darwin encontró un gran apoyo entre los científicos más influyentes y sus ideas fueron bienvenidas por la élite científica victoriana. La sociedad estaba ávida por encontrar en la primera edición, una explicación natural a la existencia de razas superiores. No era un libro escandaloso para las ideas imperialistas y mercantilistas dominantes. De hecho, fue la política expansionista e imperialista inglesa lo que llevó a que barcos como el *Beagle*, en el que viajó Darwin, inspeccionasen la naturaleza de Sudamérica.

Las ideas darwinianas fueron propulsadas entonces por los espacios de desarrollo científico como la Royal Society y el llamado Club X.

El Club X

La Real Sociedad de Londres para el Avance de la Ciencia Natural, también conocida como Royal Society, es la sociedad científica más antigua del Reino Unido y una de las más antiguas de Europa. El gobierno británico apelaba constantemente a la Royal Society en busca de consejos acerca de sus principales emprendimientos científicos.

Junto a la Asociación Británica, el Athaeneum y las universidades, fueron los exponentes más conspicuos de los valores científicos. Estos cuerpos formales, sin embargo, casi siempre reflejaban las actitudes y suposiciones de grupos pequeños, informales, de individuos, a menudo oscuros y a veces anónimos. Hasta hace poco, la mayoría de estos grupos han sido pasados por alto, pero el interés creciente en la historia social de la ciencia ha estimulado nuevas investigaciones sobre la historia de las sociedades científicas en general y de las élites científicas en particular. El Club X es un claro exponente de estas organizaciones. Historiadores como John Fiske o James Moore lo consideran el círculo científico más poderoso e influyente de Inglaterra.

La creación del Club X ocurre mientras emerge el conflicto entre ciencia y religión. Hasta ese momento, la ciencia británica era sostenida y difundida por la iglesia. Desde el siglo XVII, el clérigo naturalista fue un actor importante para la ciencia británica. El conflicto surge entonces entre quienes concibieron y aspiraron a pensar un científico sin ninguna influencia religiosa, una ciencia autónoma sin dependencia de fuerzas trascendentes en sus explicaciones y teorías, y aquellos que, por otra parte, consideraban que la ciencia, por maravillosa que fuera, era inferior a la religión y trataban de mantener la moral religiosa y la autoridad intelectual intacta.

El Club X se arraiga como organismo “no oficial” de la ciencia a partir de las teorías e ideas previas sociales y económicas del grupo

académico que lo conforma, sobre cómo debía ser la ciencia y quién debería ejercerla. Es un proceso no solo intelectual, sino sociopolítico. Estos “profesionalizadores” de la ciencia, como los historiadores lo llaman, buscaban el reconocimiento de la experiencia científica oponiéndose a las instituciones religiosas privilegiadas que promulgaban una ciencia subordinada a los intereses teológicos. También querían marginar a los hombres amateurs de la ciencia (especialmente al clero). No se trataba simplemente de establecer la ciencia como una profesión entre otras, sino desafiar a la profesión que tenía el papel único de liderazgo cultural, educando a la mente pública, guiando también la moral y legitimando el orden social. De acuerdo a los enfoques de la antropóloga británica Mary Douglas, estos objetivos e intereses comunes sientan la base de una convención, que funda una especie de institución.

Joseph Hooker y el joven Thomas Huxley comenzaron a alistar botánicos y zoólogos para discutir algunos planes que traerían más unidad en sus esfuerzos por avanzar en la ciencia. En enero de 1864, organizaron una reunión regular para unir a sus amigos más cercanos. Thomas Hirst, uno de sus miembros, escribía:

Se formó un nuevo club de ocho miembros: a saber: Tyndall, Hooker, Huxley, Busk, Frankland, Spencer, Lubbock y yo. Además de la amistad personal, el lazo que nos unía era la devoción a la ciencia, pura y libre, libre de ataduras religiosas y dogmas. Entre nosotros hay una franqueza perfecta, y sin duda las oportunidades surgirán donde la acción concertada de nuestra parte pueda ser útil. (Barton, 1998: 411)

Las disputas políticas también se trataban en las reuniones, influyendo estas discusiones en las instituciones a las que pertenecían, en la ciencia y en la política en general. Los miembros tenían propósitos intelectuales y sociales conscientes, provocativos, con una visión de un reformismo ordenado. Este grupo de hombres llegaron a ser consejeros principales del gobierno y los publicistas más notorios de

los beneficios de la ciencia para la sociedad. No eran una institución formal, pero sí una organización que contaba con prestigio y autoridad. Las ideas generadas, los posicionamientos políticos y los debates públicos tenían como resultado un modelado de las instituciones.

Con ello, también definían qué teorías eran válidas o qué concepción del mundo debía tener la ciencia. El hecho de que la teoría darwiniana y Darwin mismo se convirtieran de alguna manera en la punta de lanza del liberalismo, se debe a que entendían que esa defensa era necesaria contra la crítica ignorante y abusiva, y abogaron para que su teoría naturalista legitime sus ambiciones de liderazgo cultural. En este punto, los relatos de una élite científica progresista que impulsó las reformas sociales y posicionó a la ciencia con autoridad independientemente de la religiosa, se pueden contraponer con la imagen de un club conservador, guardián y promotor de las ideas liberales, esclavistas y de superioridad racial de la época, a las que sus miembros adherían.

Darwin, quien consideraba que los obreros tienen una tendencia natural a la holgazanería, es el exponente de las ideas victorianas, un aristócrata que traía una justificación natural y “científica” de la superioridad racial. La consecuencia lógica del razonamiento es que cualquier política estatal que pretenda asistir a los marginados, pobres y a todo el sector obrero, iba en contra de las leyes naturales que “seleccionaban” a los mejores. El apoyo del Club X es el que contribuye al triunfo total de la visión darwiniana de la naturaleza y del mundo, proyectando las ideas victorianas de la época.

CAPÍTULO IV

Darwinismo y *statu quo*. Darwinismo social

¿Qué demuestra la historia de las ideas sino que la producción intelectual se transforma con la producción material?

Las ideas dominantes en cualquier época no han sido nunca más que las ideas de la clase dominante.

Karl Marx

La ideología darwinista

Con un origen en la economía de mercado, el darwinismo estableció los fundamentos “naturales” de la existencia de razas superiores. Surge lo que se conoce como darwinismo social, es decir, las aplicaciones de las ideas darwinianas a las sociedades. Aunque, por otro lado, también se puede vislumbrar el movimiento inverso: las ideas sociales preconcebidas fueron proyectadas a la naturaleza.

Una continuación de esas ideas fue la impulsada por el primo de Charles Darwin, Sir Francis Galton, el principal propulsor de la eugenesia. Convencido de que las sociedades protegían a los “más débiles” y esto contradecía la selección natural ya que esta fuerza omnipotente seleccionadora se encargaría naturalmente de extinguirlos, era necesario “ayudar” a este proceso y mejorar las cualidades innatas de la raza y dar “[...] aunque sea en remoto grado a las razas o variedades más aptas una mejor oportunidad de prevalecer más rápidamente sobre los menos aptos de lo que de otra forma habría hecho” (Galton, 1883: 17). Esta filosofía es la base de las

políticas de ciertos países como Estados Unidos que llevaron a cabo programas eugenésicos a gran escala que incluían restricciones de matrimonios, reducción de la inmigración y esterilizaciones forzadas a personas declaradas deficientes mentales por el Estado (se realizaron 64.000 esterilizaciones forzadas solo en Estados Unidos para 1945). La concepción de la existencia de razas superiores y las prácticas purificadoras de esas razas, eliminando los componentes “inadecuados” de la sociedad, fueron llevadas a cabo por la Alemania nazi. Pero no fueron los únicos, Suecia esterilizó a 230.000 personas entre 1935 y 1996 en el contexto de un programa basado en la eugenesia y los conceptos de “higiene social y racial”. Las 63.000 esterilizaciones practicadas entre 1934 y 1975 tenían por finalidad garantizar la pureza de la raza nórdica. Atrocidades semejantes fueron también implementadas en Francia, Canadá, Suiza, Austria, Finlandia y Dinamarca.

La “explicación científica” ha contribuido a establecer una justificación natural para un *statu quo*, las personas como una mercancía más en el mundo capitalista y su propia mano invisible seleccionadora. Se multiplican frases ligadas al darwinismo en periódicos, en empresas multinacionales, en libros de ética de los negocios, entendiendo al libre mercado como un reflejo de lo que ocurre naturalmente, cuando en realidad la teoría darwinista le debe al libre mercado su origen y su éxito. Quizá tan solo un ejemplo de esto es el libro negocios de Geoffrey Moore denominado *Tratando con Darwin*. Supongo que, en términos mercantilistas, el darwinismo fue la más extraordinaria estrategia de marketing del capitalismo.

Así surge la competencia entre proteínas y genes, la presión de selección, el fitness, el costo-beneficio, las estrategias, el arsenal armamentístico, las guerras, la explotación, la eliminación del otro, el “problema” del altruismo, y muchas expresiones más que pretenden explicar las relaciones entre los organismos y que denotan la continuación de este sistema ideológico. Ante la insuficiencia teórica, el recurso de explicar con lógicas economicistas y la “personificación”

de los componentes de la naturaleza (se habla de *egoísmo* de genes, microorganismos *tramposos*, *políticas* de control, la *estrategia* de los microorganismos y virus, etc.) son moneda corriente en la biología mercantilizada. Sometida la naturaleza a cumplir leyes de la economía burguesa, utilizando terminología económica, se plantea un escenario en el cual el objetivo es obtener rentabilidad a partir de cualquier actividad que explote la naturaleza sin medir consecuencias. En este estado de cosas, la ciencia, entendida únicamente como actividad destinada a explotar la naturaleza, se convierte en mero instrumento de sometimiento del hombre y no como actividad práctica e intelectual destinada a conocer el mundo.

En el año 1975 surge la sociobiología como argumento evolucionista para explicar el comportamiento social humano. Brindaba una explicación adaptativa para cualquier manifestación o rasgo social basándose en el gen como origen de toda variedad o carácter y en los conceptos darwinianos de competencia y lucha como únicos motores de la humanidad. Fue otro intento de forzar la realidad y la naturaleza a concepciones ideológicas que subyacen al darwinismo. La sociobiología fue (y es, porque siempre la comunidad científica y las revistas están dispuestos a resurgir el tema) la proyección de las ideas darwinianas para comprender las sociedades humanas.

Richard Lewontin, destacado biólogo y teórico, discutió con estos postulados y aunque muy criticada en el mismo ámbito científico, la sociobiología de Wilson sigue siendo el andamiaje explicativo que usan economistas, politólogos y psicólogos sociales. Como hermana de la sociobiología, surgió la psicología evolutiva que proyectó los postulados centrales del darwinismo en una teoría adaptacionista general. Cosmides y Tooby (1995), explican, entre otras cosas, que la selección ha moldeado el disgusto por comer heces a partir de un ancestro que ha transmitido a sus hijos tal atinado comportamiento y, con el mismo recurso de plantear un escenario ficticio para explicar lo no ficticio, expresan:

El único componente del proceso evolutivo que puede construir estructuras complejas que están organizadas funcionalmente es la selección natural... Los científicos cognitivos deben reconocer que, aunque no todo lo que existe en la estructura de los organismos es un subproducto de la selección, toda organización compleja funcional sí es fruto de ella. (48)

La selección natural nuevamente como justificación de las actitudes y comportamientos. Para entenderlos, deben ser analizados desde el enfoque de sus orígenes evolutivos. Pero bajo esta idea determinista, comprender el complejo proceso evolutivo con los axiomas darwinianos se vuelve una tarea prácticamente imposible en el caso del comportamiento humano que está determinado, entre otras cosas, por sus circunstancias históricas, sociales y económicas. Como advierte Lewontin (1999):

No nos dan indicios precisos de cómo reconocer una unidad funcional compleja [...] y a continuación esta teoría es extrapolada al comportamiento humano en particular, con el justificativo de que lo que ha sido seleccionado son ciertos mecanismos especializados como el dispositivo de adquisición del lenguaje, los mecanismos de preferencia del apareamiento, [...] La lista es mucho menos específica y no incluye a la xenofobia y el racismo, pero cubre el mismo territorio. Al igual que la sociobiología, la psicología evolucionista se apoya en nociones inespecíficas de complejidad y adaptación, y sostiene –sin ninguna esperanza de hallar pruebas– que aquellos rasgos que consideramos adaptativos solamente pueden haber sido fruto de la selección natural. (75)

El neodarwinismo centrado en las mutaciones al azar como fuente de variabilidad, en la interpretación de una naturaleza en la que los individuos tienen que sortear los inconvenientes que el ambiente genera, es una interpretación reduccionista y limitada, alejada de la realidad del comportamiento humano y este es el principal inconveniente de la sociobiología, emparentada con el llamado darwinismo

social. La sociobiología al pretender explicar las situaciones sociales como consecuencia de selección y adaptación, es un programa hiperadaptacionista que sostiene y justifica en definitiva un *statu quo* social que conviene a una minoría.

Es por ello necesario observar que el darwinismo no es meramente una teoría científica, sino una visión del mundo basada en la ideología socioeconómica de la época, influenciada y propulsada desde lugares de decisión. El uso del sufijo “ismo” refiere a ideas o visiones generalizadoras; concepciones totalizantes de la realidad. Su utilización referencia a una doctrina, a un conjunto de reglas que son presentadas con una pretensión de validez y verdad. Su carácter exclusivo implica una forma de interpretación. Bajo esta ideología se proyectan principios y valores parciales como si fueran la totalidad. De este modo, otros conceptos, valores y principios se consideran aceptables si pueden ser “absorbidos” en la ideología, y son rechazados si se consideran incompatibles con ella.

Vale mencionar aquí que la superioridad, basada en criterios racistas, no tiene nada que ver con la evolución de las especies. La discusión científica de la validez del mecanismo evolutivo y como generador de variedad no tiene relación con la utilización del término en este contexto de segregación racial. Por un lado, el mecanismo, existente o no, y su rol en la evolución biológica determina cómo han evolucionado las especies y no implica un justificativo natural de conductas como la xenofobia o la opresión de la humanidad. Pero como se puede ver, alegar un supuesto fenómeno natural para justificar sus propios prejuicios sigue siendo recurrente. Esto se reforzó por la posterior difusión del determinismo génico que pretendía asociar algunos rasgos propios de ciertas etnias o grupos sociales con la inclinación al crimen, a la violencia o con menor capacidad intelectual. Por supuesto, esto también es totalmente falso. Y aunque puede parecernos un disparate superado, en revistas científicas internacionales siguen postulándose asociaciones similares que llegan a utilizarse en juicios y causas penales. Esto nos marca

claramente que las disputas y tensiones sociales se entrelazan con las ciencias biológicas, que estas están permeadas por preconcepciones sociales y que no necesariamente el discurso dominante debe tomarse incuestionablemente como fundado en razones totalmente científicas. El problema con las teorías adaptacionistas (darwinistas) de la conducta humana es que no se articulan con la teoría social. Las conductas y las sociedades tienen un devenir que debe analizarse desde teorías como la dialéctica, porque tanto la evolución biológica como la historia son eventos contingentes.

Las *teorías científicas* son proposiciones, construidas intelectualmente, capaces de explicar los hechos conocidos a partir de un delimitado cúmulo de objetos, técnicas, tecnología y procedimientos. No son doctrinas de alcance general y por lo tanto son compatibles con otras. Las *ideologías*, en el sentido actual del término (que implica especialmente al ámbito social y político), surgieron en los siglos XIX y XX y se denominan “ismos”; entre ellas podemos nombrar: liberalismo, socialismo, comunismo, fascismo. Cabe destacar que raramente hacen alusión a un apellido, la excepción más notable es el marxismo y la otra es el *darwinismo* (Agazzi, 2009: 43).

Capitalismo y darwinismo

El capitalismo se define como el orden o sistema social y económico derivado del usufructo de la propiedad privada del capital como herramienta de producción. La naturaleza del capitalismo tiene diferentes apreciaciones según la perspectiva social e ideológica bajo la cual se analice. De esta manera, desde una perspectiva socialista, el capitalismo es el sistema económico dominante que consiste en la explotación del hombre por el hombre y, siendo el sistema que rige la economía global, puede entenderse como el principal responsable de la pobreza y la desigualdad de las sociedades actuales. El sistema económico divide a la sociedad en clases y existe una lucha continua entre la clase dominante y la clase oprimida (Marx, K., 1848).

En la etapa actual del capitalismo, la lucha de clases no se manifiesta de una manera concreta y evidente como en sus primeras etapas e incluso en el capitalismo liberal de fines el siglo pasado. El filósofo alemán Jürgen Habermas señala que “[...] el capitalismo regulado por el Estado, que surge como una reacción a las amenazas que representaba para el sistema el antagonismo abierto de las clases, acalla ese conflicto de clases” (1969: 92). Asimismo, expone que el capitalismo tardío, al estar determinado por una política de compensaciones, asegura la lealtad de las masas dependientes del trabajo, constituyendo una política de evitación del conflicto. En ese contexto, Habermas manifiesta que la ciencia y la técnica ya no operan en favor de una ilustración que dé fundamento a las críticas de las legitimaciones vigentes, sino que ellas mismas se convierten en la base de la legitimación. El método científico, que conducía a una dominación cada vez más eficiente de la naturaleza, proporcionó también tanto los conceptos puros como los instrumentos para una dominación cada vez más efectiva del hombre sobre el hombre a través de la dominación de la naturaleza (Habermas, 1969).

Así como el darwinismo inicialmente establecía una explicación pseudocientífica para las ideas ya preconcebidas, la racionalización y legitimación del capitalismo a través de la ciencia y técnica perpetuó aquella justificación natural del *status quo*, el funcionamiento de la economía y la estructura de la sociedad. Herbert Marcuse considera que, en la etapa del desarrollo científico y técnico, las fuerzas productivas se convierten ellas mismas en la base de la legitimación. Jürgen Habermas, por su parte, profundiza en este punto el concepto de “racionalización” de Max Weber. Considera que la tecnología proporciona también la gran racionalización de la falta de libertad del hombre, demostrando la imposibilidad técnica de la realización de la autonomía y de la capacidad de decisión sobre la propia vida. Pues esta ausencia de libertad no aparece ni como irracional ni como política, sino más bien, como sometimiento a un aparato técnico que hace más cómoda la vida y eleva la productividad del trabajo.

Existe una sensación de poshistoria, transversal a todos los planos de nuestra realidad (ciencia, cultura, política, etc.), basada en la ideología de fondo dominante pero velada, que –según Habermas– convierte en fetiche a la ciencia. Es más irresistible que las ideologías “antiguas”, justifica el interés parcial de dominio de una determinada clase y reprime la necesidad parcial de emancipación por parte de otra clase, afectando al interés emancipatorio como tal de la especie. Las ciencias biológicas no son ajenas a esta situación, y el discurso dominante del paradigma darwiniano constituye una hegemonía. Si todo lo que se descubra ya está explicado por azar y selección, los canales de comunicación de observaciones, cuestionamientos y críticas están bloqueados. Si los resultados, hipótesis o especulaciones se enmarcan en el paradigma, asumiendo una ventaja reproductiva, la existencia de ganadores en la competencia incesante de la naturaleza, no habrá ningún problema, en cambio si se plantean mecanismos e hipótesis que desafíen el inmovilismo teórico habrá que generar nuevas vías de comunicación de la ciencia. La cuestión de enmarcar todo descubrimiento o avance en el paradigma ha llevado a la necesidad continua de inventar y reinventar metáforas con perspectiva economicista y belicista.

Si la ciencia y la tecnología a través de los paradigmas dominantes, surgidos de la cultura de dominación, pretenden (y en muchos casos, con éxito) poner bajo control a la sociedad de la misma forma que a la naturaleza, la responsabilidad del darwinismo como guía y base de las ciencias biológicas, pero a su vez como dogma, ideología o como mecanismo de racionalización del dominio, no puede soslayarse. En este contexto, es fundamental remarcar el papel del darwinismo como forma de legitimización de la opresión y como la “racionalización” del sometimiento de la libertad del hombre a la libertad del mercado. La intervención del darwinismo en la sociedad se ha descrito como darwinismo social, aunque, como veremos, el término no tiene una definición única aceptada.

¿Qué es el darwinismo social?

El darwinismo social está basado en interpretaciones planteadas por Herbert Spencer sobre los escritos de Darwin, sumado a los postulados de Tomas Malthus y utilizados con fines políticos. Generalmente, se entiende como una proyección de las teorías científicas de Darwin a la sociedad, que utiliza una noción sesgada o parcial de la naturaleza como justificativos de decisiones políticas. De esta manera, una definición de darwinismo social podría ser: la extensión de las ideas de la lucha por la existencia y la selección natural darwinianas al campo de la ciencias sociales y políticas. A partir de ese análisis, el concepto de darwinismo social involucra todas las posibles analogías unidireccionales entre la biología y la sociedad, algunas sosteniendo y justificando la lógica de la economía como un designio natural y otros acusando a quienes ven ese destino como una aplicación tendenciosa a la cual hay que responder y reaccionar.

Entendido como competencia entre individuos, del darwinismo social se deduce que es natural que haya seres superiores o con ventajas. Para ciertos grupos esto es beneficioso para la sociedad (guerras, eugenesia, racismo, mejoras genéticas). Otra forma de entenderlo es como competencia entre individuos que algunos científicos o pensadores han proyectado a la sociedad. Sería esto fruto de un *error* y una mala interpretación de las ideas de Darwin.

Pero sabemos que las ideas sociales y económicas de Malthus, Smith y Spencer constituyen la base darwiniana. Esto nos permite entender que se trata de la proyección de una ideología y se revela su intencionalidad: justificar como ley natural la desigualdad entre los hombres para defender al mercado y sus consecuencias.

Se trata de un círculo ideológico que nace en la economía del libre mercado inglesa del siglo XIX, se proyecta a la naturaleza y se utiliza nuevamente como una ley natural. La ley económica capitalista se

convierte así en ley universal incuestionable. Lo que tantas veces se intenta colocar bajo la discusión del concepto de darwinismo social, se trata simplemente de darwinismo. La competencia y la supervivencia de los más aptos, bajo este sistema económico, se deben a un orden natural.

El darwinismo y el campo científico

Según Pierre Bourdieu, existe en el campo científico una lucha competitiva que tiene por desafío específico el monopolio de la autoridad científica, inseparablemente definida como capacidad técnica y como poder social. A partir de la Royal Society, el Club X influía en la política y en el pensamiento de la época. De la misma manera, un núcleo de sabios tiene la capacidad de hablar e intervenir legítimamente (es decir, con autoridad) en materia de ciencia. En este caso, dentro de las ciencias biológicas se establece una verdad incuestionable a la que todo científico debe adherir a fin de ser reconocido como autoridad en la materia, mientras que quien pretenda debatir, criticar o construir alternativas teóricas es marginado.

El darwinismo surge de las clases acomodadas británicas. Una vanguardia intelectual que no dependía del trabajo científico para vivir, sino de rentas o herencias y que tenía un vínculo orgánico con la clase dominante. Eran impulsadas las ideas darwinianas a la vez que se evitaba el avance de ideas revolucionarias que venían del continente junto con el lamarckismo. Estas querían cuestionar el orden impuesto por el sistema liberal británico y, a su vez, las explicaciones acerca de la transformación de los organismos y su progreso evolutivo a partir de una fuerza interna que había llegado a la clase trabajadora.

Según Bourdieu, la lucha por la autoridad científica –especie particular de capital social que asegura un poder sobre los mecanismos constitutivos del campo–, es la lucha por una hegemonía. El paradigma –la transfiguración de la representación del universo científico– es custodiado bajo un consenso asumido por la llamada “comunidad científica”, según lo que les conviene imponer, en primer lugar, a sus competidores.

Áreas de la ciencia más alejadas del núcleo biológico, como la psiquiatría o la psicología cognitiva, tomaron los postulados neodarwinianos puros, lo que llevó a esas ciencias a un camino biologicista y reduccionista. Los dominantes son aquellos que consiguen imponer la definición de la ciencia según sus intereses. La imposición darwiniana –aun con discusiones internas inacabadas– se proyectaron como verdades incuestionables a otras áreas.

Existe entonces una elite o grupo de científicos que se apropiaron simbólicamente de la obra científica y son ellos quienes evalúan los méritos aun cuando los enfoques analizados están fuera de su alcance, puesto que representan teorías, hipótesis y datos alternativos que no pueden juzgar bajo la perspectiva tradicional dominante. Como marcaba Bourdieu, quien apela a una autoridad exterior al campo solo se atrae el descrédito. Esto se observa en las áreas como las ciencias cognitivas, psicología o psiquiatría. Investigadores de estas áreas coinciden en las críticas al determinismo génico y a la búsqueda de conjuntos de genes como los responsables últimos de características ya no solo biológicas (caracteres, fenotipos) sino también conductuales, de condición social, etc. La visión cerebro-céntrica de los últimos años es también resistida por muchos científicos de estos campos, entendiendo que el modelo médico, impuesto mundialmente y basado en el darwinismo, no puede proyectarse a esas áreas y que los criterios de validación podrían ser otros¹. En estas

1 Un científico destacado por sus críticas al sistema médico y darwiniano en psicología es Jay Joseph. Recomiendo su lectura en relación a este tema.

controversias, estos actores son deslegitimados, mientras que aquellos que recurren a genetistas o neodarwinistas, inmediatamente reciben la aprobación de la comunidad más allá de la pertinencia o legitimidad de ese conocimiento.

El darwinismo fue rápidamente cuestionado en sus orígenes por otros naturalistas, remarcando falacias y razonamientos circulares. Aun así, el paradigma dominante fue emparchando con metáforas los enormes agujeros teóricos. Pero nunca permitió que haya una discusión científica y un avance en el desarrollo teórico, ya que eso implicaría echar por tierra la piedra angular de la teoría, la selección natural.

Si bien *El Origen* de Darwin no resuelve el tema del origen de las especies y no incorpora el término “evolución” sino recién en su sexta edición, el darwinismo originalmente nucleó a los naturalistas bajo una explicación científica de la evolución biológica. La discusión de la época con el creacionismo se sostiene actualmente, lo que impide una discusión científica dentro del campo. La ciencia legitimada, el darwinismo, reconoce (y en parte genera) la explicación creacionista y se enfrenta a ella como la única alternativa científica. Y esta confrontación sigue siendo efectiva para evitar planteos alternativos y no permitir que otras teorías aumenten su capital científico, su respaldo dentro de la comunidad científica.

Frente a estas estrategias de conservación, se han planteado numerosas estrategias de subversión al orden y paradigma dominante darwiniano. Sin embargo, aquellos científicos que pudieron alcanzar notoriedad, dado lo irrefutable de sus argumentos o debido a ciertas concesiones que ofrecieron para adquirir la legitimidad, no pudieron debilitar al paradigma (o dogma) dominante.

Los científicos que discutieron y propusieron visiones alternativas a las dominantes, sin conformar una ideología ordenada, se pueden comprender como el movimiento de resistencia, bajo los conceptos de Bourdieu. La teoría simbiogenética de Lynn Margulis que explica

el origen de células complejas a partir de otras más simples fue aceptada luego de catorce rechazos². Las pruebas de la aparición de célula eucariota y las organelas de las células, como cloroplastos y mitocondrias, son contundentes. El dogma, finalmente, se rindió ante las evidencias. Aun así, llama la atención la baja referencia y citas de sus trabajos, considerando que es una teoría que se apoya plenamente en hechos comprobados. Dado que explica rotundamente el fenómeno evolutivo, debería ser la base de las investigaciones actuales de muchos grupos de investigación y, si bien lo es para algunos pocos, llama la atención el desconocimiento de su obra en el campo evolucionista.

La sociobiología de Wilson fue brillantemente rebatida por Lewontin, quien también cuestionó el gencentristo. Igualmente, el biologicismo y el determinismo génico fueron cuestionados por numerosos científicos. Muchos investigadores denuncian, además, los intereses capitalistas que promueven exculpar o subestimar los contextos sociales y políticos que dieron lugar en la ciencia a la aparición de “caracteres” de los individuos como la violencia, la delincuencia, etc. Estas tendencias impulsaron con carácter científico la creencia de diferencias intelectuales según las etnias y sostenían la existencia de causas biológicas de lo que eran prejuicios sexistas. Curiosamente, entre las maneras de deslegitimar a los científicos que alertaban y repudiaban tales procedimientos, estaba la “acusación” de que sus ideas socialistas nublaban su objetividad.

2 Lynn Margulis fue una destacada bióloga estadounidense que formuló la teoría de la simbiogénesis que explica el origen por fusión e integración de la célula eucariota a partir de células procariotas. Además, considera que este proceso integrativo es central en la evolución. Las teorías más avanzadas proponen procesos integrativos virales y celulares como respuesta a cambios bruscos ambientales. Entender la emergencia de patrones, orden y evolución a partir de mecanismos conocidos y observados en la naturaleza es tarea actual de distintos evolucionistas. Nos detenemos en estos temas en la siguiente parte del libro.

No es cuestionable el hecho evolutivo, como no lo es que la tierra gira alrededor del sol, pero sí es debatible científicamente el poder explicativo de los postulados darwinianos. El mantenimiento de la hegemonía se basa en la legitimación que la misma corporación otorga a los repetidores del paradigma, mientras se desprestigia a quienes plantean alternativas.

[...] no hay aquí instancia alguna que legitime las instancias de legitimidad; las reivindicaciones de legitimidad obtienen su legitimidad de la fuerza relativa de los grupos cuyos intereses expresan: en la medida en que la definición misma de criterios de juicio y de principios de jerarquización refleja la posición en una lucha, nadie es buen juez porque no hay juez que no sea juez y parte. (Bourdieu, 1976: 22)

A continuación, veremos de una forma sucinta cuáles son las alternativas científicas al paradigma dominante y cómo han sido, en algunos casos, rechazadas y deslegitimadas de acuerdo a la dinámica propia del campo científico.

Vida y evolución

*Estamos atrapados en una ineludible red de mutualidad,
atados a una sola prenda del destino. Lo que afecta a uno
directamente afecta a todos indirectamente.*

Martin Luther King, Jr.,
“carta desde la cárcel de Birmingham”

Simbiogénesis, otro paso integrativo en la evolución

Hasta aquí hemos repasado brevemente las obras de naturalistas relegados que hicieron contribuciones notables al evolucionismo. Además, analizamos el origen socioeconómico del darwinismo y su carácter de paradigma dominante, blindado por un sistema científico poco permeable a críticas y a la evolución de las ideas. Es interesante aproximarse, en lo “estrictamente científico”, a las alternativas teóricas al darwinismo que fueron surgiendo posteriormente. Agotar este tema en esta última parte del libro es prácticamente imposible, pero haremos a continuación un resumen de la teoría evolutiva de la simbiogénesis y de los sistemas complejos.

El darwinismo, como consagrada “teoría popular”, ha instalado la tranquilidad de que todo está explicado y, de esta manera, ha naturalizado una explicación simplista de los procesos complejos que constituyen la vida. En este escenario, los virus y las bacterias suelen presentarse como una amenaza, como estrategias dispuestos a destruir a los seres humanos. En esta supuesta batalla se descontextualiza la condición de preexistencia bacteriana y viral y la evidente convivencia

durante la relativamente breve presencia del ser humano en el planeta. Es decir, la preexistencia y la convivencia con los microorganismos han permitido nuestra existencia tal cual la conocemos. La participación de los microorganismos en nuestra evolución como especie recién en la actualidad se está comenzando a comprender.

Si bien el descubrimiento de las bacterias y virus se debió al carácter patógeno de algunos de ellos, la gran mayoría no lo son. Por el contrario, constituyen una porción fundamental de la biósfera, manteniendo el equilibrio entre las especies y permitiendo nuestra existencia. Las asociaciones de bacterias con el resto de los organismos son interacciones fundamentales para la existencia de toda la vida en el planeta.

Una de las evidencias de los procesos integrativos lo constituye la simbiosis. Las estrechas asociaciones que caracterizan la vida sobre el planeta se dan no solo entre organismos de una misma especie sino también, y de acuerdo a una tradicional y estricta definición de simbiosis, entre organismos de especies diferentes. De las observaciones e interpretaciones de estas relaciones surge la teoría de la simbiogénesis. La teoría fue desarrollada desde principios del siglo XX por distintos evolucionistas: Konstantín Merezhkovski en 1909 desde Rusia, Ivan E. Wallin en 1927 desde EE.UU. y Paul Portier en 1918 desde Francia. En 1967 Lynn Margulis, microbióloga estadounidense de la Universidad de Massachusetts retoma esta teoría y describe el surgimiento de la célula eucariota (células con núcleo) a partir de la asociación endosimbiótica entre procariotas. Es decir, hace millones de años una célula se integró a otra y la convivencia (simbiogénesis) dio origen a algo nuevo. Una célula se internalizó en otra y comenzó a “convivir” dando origen a un tipo celular nuevo. Tras años de investigación, la investigadora pudo confirmar que los orgánulos, estructuras dentro de las eucariotas, tienen un origen bacteriano. Inicialmente refutada y resistida por la ortodoxia dominante (rechazado en catorce ocasiones), es hoy una teoría que tiene suficiente sustento científico para permitir que Lynn Margulis propusiera que

la simbiosis es el mecanismo que ha generado, al igual que las células eucariotas, la mayoría de las adquisiciones de caracteres de los organismos pluricelulares y, por lo tanto, también la diversidad de especies de la naturaleza (teoría de la simbiogénesis seriada).

Esto es resistido en parte por evolucionistas darwinistas que no considera un principio central sino una teoría que puede sumarse y adecuarse al mecanismo de mutación al azar y a la selección natural como motores evolutivos. Los conocimientos que tenemos actualmente confirman la existencia de procesos integrativos que dieron origen a tipos celulares y estructuras mediante simbiogénesis. En estos procesos, se destaca también la intervención de los virus. Muchos genes o secuencias de ADN que cumplen un rol central en organismos multicelulares tienen origen viral y están involucrados en la emergencia de nuevas estructuras.

Sin embargo, Margulis no parece ser reconocida como merece pese a su aporte teórico fundamental y se la cita muy poco en relación con la enorme importancia de sus investigaciones. La razón de esto podemos graficarla a partir de las palabras de John Maynard Smith y Eörs Szathmáryen en *Los orígenes de la vida* (2009), que nos dan una idea del mecanismo de construcción del conocimiento darwinista:

Lynn Margulis ha afirmado que la simbiosis es la principal fuente de novedad evolutiva y que la selección natural ha sido de menor importancia. Esto es inaceptable. (...) Son adaptaciones complejas *que pudieron evolucionar solo por selección natural* La simbiosis no es una alternativa a la selección natural, más bien es al revés: *necesitamos una explicación darwiniana de la simbiosis* [énfasis nuestro]. (107)

Las manifestaciones de procesos integrativos en la naturaleza pueden encontrarse en las asociaciones simbióticas o en la cantidad de ADN de origen viral en forma de secuencias repetidas encontradas en todos los tipos celulares y organismos. Estas secuencias son parte

fundamental del genoma, con notable impacto funcional mediante cambios de localización y duplicaciones, produciendo cambios en la expresión y regulación de los genes. Hay que sumar también el mecanismo de emanación de partículas virales en situaciones de “estrés” en distintos tejidos y los transposones, secuencias de ADN saltarinas que se cortan y se integran en otras regiones del genoma y son transmitidos por bacterias.

Estas variaciones, generadas por una respuesta al ambiente, en animales y plantas producen modificaciones en células germinales. El enfoque sistémico con pasos integrativos podría explicar, por ejemplo, por qué ante condiciones extremas (alteraciones en el sistema, como veremos en teoría de sistemas) ocurren cambios repentinos, bruscos, en las estructuras, como la aparición simultánea de todos los grandes tipos de organización y sistemas de órganos. El enfoque de sistemas, como veremos más adelante, nos aproxima a comprender como todos los grandes grupos actuales de seres vivos (espongiarios, equinodermos, moluscos, poliquetos, onicóforos, artrópodos, e incluso cefalocordados, antecesores, por tanto, de los vertebrados) aparecieron en el Período Cámbrico. Sobre esto debe tratar la teoría de la evolución.

Ha llegado el momento de afrontar que no basta con imaginarnos ni creer que las mutaciones al azar, la transferencia horizontal, la simbiosis y otros tantos mecanismos son simples resultados de actitudes egoístas (de los organismos y las moléculas) que a través de miles y miles de años se seleccionaron. Contra el paradigma de la competencia como motor evolutivo, en el año 1902, el naturalista y pensador Piotr Kropotkin, en su libro *El apoyo mutuo, un factor de la evolución* advierte:

[...] reconocer la despiadada lucha interior por la existencia en los límites de cada especie, y considerar tal guerra como una condición de progreso, significaría aceptar algo que no sólo no ha sido demostrado aún, sino que de ningún modo es confirmado por la observación directa. (1902: 20)

Por su parte Lynn Margulis en *Captando genomas*, escribe:

Al acentuar la competencia directa entre individuos por los recursos como principal mecanismo de selección, desde Darwin (y especialmente sus seguidores) se tuvo la impresión que el ambiente era simplemente un escenario estático de «naturaleza, sangre en los dientes y en las garras» De este modo, Darwin separó a los organismos de su ambiente. [...] Al insistir en la competencia entre organismos como principal fuente de selección y al no tener en cuenta la reciprocidad química entre la biota y el ambiente, los neodarwinistas han ampliado estos errores por omisión. (Margulis, L; 2003: 210-211)

La historia del darwinismo y de la biología misma, como señalé en el primer capítulo, está plagada de injusticias para con naturalistas que pensaron fuera del dogma o sus perspectivas y análisis cuestionaban lo establecido. A la larga lista de naturalistas olvidados vamos a sumar a Merezhkovsky. Tenía 27 años cuando murió Darwin y fue el primer autor que propuso la idea de la simbiogénesis. Según esta teoría, algunas organelas celulares e incluso algunos organismos no surgieron en la evolución por el gradual mecanismo de la selección natural sino mediante asociaciones simbióticas entre una especie animal o vegetal y algún tipo de microorganismo. Merezhkovsky también postuló que el núcleo de la célula eucariota provenía de un antiguo microorganismo, anticipándose en más de 70 años a Lynn Margulis. A pesar de lo extraordinario del descubrimiento, los trabajos de este naturalista pasaron inadvertidos.

En 1927, en su libro *Simbiosis y el origen de las especies*, Ivan Wallin argumentaba que las nuevas especies se originaban mediante simbiosis. Wallin puso especial énfasis en la simbiosis entre animales y bacterias, un proceso al que llamaba “establecimiento de complejos microsimbóticos” o “simbiontismo”. Escribió nueve trabajos explicando su teoría y experimentos, pero sus conclusiones fueron consideradas absurdas. Sus teorías –hoy reconocidas como correctas y

adelantadas a su tiempo— fueron rechazadas y ridiculizadas por los serios y correctos científicos que resguardan la palabra del profeta de la biología. Wallin abandonó sus investigaciones sobre simbiogénesis a los 40 años. Se suponía, tal cual dicta la visión reduccionista y dominante, que las bacterias solo son agentes de enfermedades. El planteo de su esencial rol evolutivo en la construcción de nuevas células, fundamentalmente las células eucariotas, era inaceptable. El tiempo le dio la razón, todavía se le debe el reconocimiento.

En Francia, el biólogo Paul Portier también llegó a conclusiones parecidas sobre el origen simbiótico de las eucariotas. Otro trabajo que pasó inadvertido fue el extraordinario libro *Simbiogénesis, un nuevo principio de la evolución* (1926) de Boris Mihailovich Kozo-Polyansky que “[...] conceptualiza todos los ejemplos y pruebas que sustentan la teoría de la simbiogénesis. Desde las cianobacterias hasta los coleópteros que viven con bacterias en su interior, que se encargan del metabolismo del nitrógeno” (Margulis, 2009: 28).

La teoría de la simbiogénesis constituye una idea revolucionaria para el darwinismo, al poner de manifiesto que los procesos integrativos tienen un valor evolutivo mayor (quizá el único verdaderamente importante) que el de las mutaciones al azar. Margulis dice al respecto:

Los cambios aleatorios en la base de ADN juegan, sin duda, un papel en el proceso evolutivo. Son como errores de imprenta que se multiplican en cada ejemplar del libro. Raramente contribuyen a clarificar o ampliar el sentido del texto. Tales *pequeños cambios aleatorios son casi siempre inconsecuentes* —o incluso dañinos— para el conjunto de la obra. No es que estemos negando aquí la importancia de las mutaciones. Únicamente insistimos en que, siendo tan sólo una pequeña parte de la saga evolutiva, *la mutación ha estado siendo dogmáticamente sobrevalorada*. La parte mucho mayor de la historia de la innovación evolutiva, correspondiente a la unión simbiótica de organismos de linajes distintos, [...] ha

estado siendo sistemáticamente ignorada por los autoproclamados biólogos evolutivos [el destacado es nuestro]. (Margulis, L; Sagan, D., 2003: 40)

Los microorganismos muestran numerosos mecanismos de traspaso de ADN en forma de genes enteramente funcionales. Los cambios en las condiciones resultan en cambios en el “comportamiento”. El intercambio de señales, moléculas, ADN y la tendencia a unirse o integrarse a otras formas de vida es una condición muy común que no fue considerada hasta hace poco.

Margulis señala que cuanto más estrecha es la asociación simbiótica, más desdibujados aparecen los simbioses implicados. Un ejemplo claro es el de los líquenes. Estos

[...] nos proporcionan un ejemplo característico de simbiogénesis. Es más, el individuo líquen es algo diferente de sus dos componentes. No es ni un alga verde o una cianobacteria, ni un hongo. Es un líquen. Los líquenes, “novedades evolutivas surgidas por medio de la adquisición de genomas de alga o de cianobacteria, tomaron su propio camino y exhiben características distintas a las de sus antepasados”. (Margulis, L; Sagan, D. 2003: 38)

A los postulados de Margulis debemos sumar el rol fundamental que tienen en esta construcción los virus y elementos genéticos móviles. El ciclo de vida viral implica un estado “vivo” muchas veces no considerado y que es, precisamente, su integración a genomas, bacterias y organelas de la célula. Es conocido que hasta existen bacteriófagos (virus que infectan solo bacterias) en mitocondrias, las organelas donde se genera la energía celular. Incluso estos virus se “traspasaron” al genoma “central” del núcleo de la célula. Es decir, hay suficiente evidencia científica de que los virus tienen capacidad de integrar nuevos genes, nuevas regiones reguladoras que insertadas en una línea germinal es capaz de alterar la expresión génica.

De acuerdo al contexto donde los genes se movilizan pueden aparecer nuevas estructuras.

Ejemplo de esto lo constituyen los genes *hox*. Estos genes son secuencias de ADN que “significan” algo. Si un grupo de genes *hox* que significan o se activan para configurar un “ojo” son colocados en una región del genoma de la línea germinal pueden hacer aparecer ojos en lugar de, por ejemplo, alas. Por otro lado, si sumamos las evidencias de la movilización génica tan común y la aparición de unas u otras estructuras de acuerdo al contexto genético y metabólico donde se inserten (virus y elementos móviles, en respuesta a condiciones ambientales que varíen bruscamente) podemos construir una teoría evolutiva más acorde a las observaciones que sustentada en supuestos.

Una vez reunidas las evidencias, no quedó alternativa que reconocer el rol de la simbiogénesis en la evolución. El legado de Margulis no alcanzó a constituir la revolución del conocimiento biológico que pudo haber sido, y no parece tener un lugar central en la biología evolutiva sino solo para grupos y líneas de investigación estrechamente relacionadas.

Margulis reacomoda el conocimiento biológico, pone a las cosas en su justa medida:

Al igual que el disco duro del ordenador, la molécula de ADN almacena información evolutiva pero no la crea. Puesto que no son "entidades" en un sentido coherente, los genes egoístas pueden ser comparados a invenciones de una imaginación hiperactiva, inicialmente anglófona. El verdadero ser es la célula viva, entidad que no puede evitar crear copias de sí misma. Ella es el personaje central. El motor de la evolución se mueve gracias a seres diminutos de cuya existencia apenas somos conscientes. Les tememos y los maldecimos, pero las bacterias, estos seres vivos y diminutos, escapan a nuestra atención salvo en esas ocasiones temibles en que nos alarman o nos amenazan. Ignoramos o desdeñamos el

hecho de que tienen vida propia. Pero la tienen. Las acciones de las bacterias y de otros seres invisibles perpetúan y generan especies viejas y nuevas. (Margulis, L; Sagan, D. 2003: 20)

Muchos años antes, en un párrafo de su obra, Lamarck escribía:

Como las condiciones necesarias para la existencia de la vida se encuentran ya completas en la organización menos compleja, aunque reducida a su mínima expresión se trataba de saber cómo esta organización a causa de cualquier tipo de cambios había llegado a dar lugar a otras menos simples y a organismos gradualmente más complicados, como se observa en toda la extensión de la escala animal. (Lamarck, J.B., 1809)

Los sistemas autorganizados, la tendencia de los sistemas complejos a un mayor nivel de organización, los genes de regulación del desarrollo, llamados homeoboxes, implicados en la generación de novedades morfológicas, la transferencia genética horizontal (en microorganismos, de individuo a individuo, es decir, no de “padres” a “hijos”) y los elementos móviles de los genomas constituyen los hechos y descubrimientos que mantienen vigentes y revitalizadas las ideas de Lamarck.

Autorganización e integración

En la historia biológica del planeta, nuestra especie es una recién llegada. Emergió a partir de lo que la precedió y es la continuidad de la transformación y evolución de las formas de vida que existen desde hace 30.000 millones de años.

Pero, ¿qué es la vida? Se la ha definido como la capacidad de nacer, crecer, reproducirse y morir. Sin embargo, esto es incompleto, ya

que se limita a los macroorganismos eucariotas, animales y plantas. Las bacterias son células vivas y no mueren al final de su ciclo vital, sino que se dividen. Además, cualquier organismo estéril o infértil no entraría en la definición.

Podemos basarnos en las propiedades y características de la vida que son esenciales para su existencia para así llegar a una definición adecuada.

La primera característica que notamos es su *propiedad emergente*: cada organismo vivo, cada célula, cada molécula que conforma una célula está compuesta por integración, unión, asociación de subelementos. Las propiedades que tienen cada uno de ellos son diferentes a la suma de las propiedades de las partes. Por ejemplo, una proteína tiene actividad, función, propiedades que no pueden deducirse de las propiedades de los átomos que la componen. Una célula bacteriana, que metaboliza azúcares, produce ácidos nucleicos y todas estas capacidades resultan de la integración extremadamente compleja entre las moléculas que la componen. El resultado es mucho más que la suma de las propiedades de las diversas moléculas.

A su vez, un organismo vivo demuestra *autorganización*. Esto es una propiedad de los sistemas vivos que permiten diferenciarnos de una máquina. Una máquina es creada “para hacer algo”, tiene una función a cumplir para lo cual fue creada por alguien. En cambio, un ser vivo es autorganizado: cada parte es a su vez la causa y efecto, un medio y un fin. Un organismo es una entidad autorganizada, es en sí mismo un propósito (Salvucci, 2018).

El profesor chileno Humberto Maturana es el creador de un término para definir a los sistemas complejos que se organizan en una red en la que cada parte participa en la generación o transformación de los otros nodos, de manera que la red se autogenera. El mantenimiento de la vida se produce gracias a una red interactuante. A este fenómeno, Maturana lo llama *autopoiesis*. Son sistemas complejos que,

además de autorganizarse, constituyen una red de nodos capaces de autogenerarse. Coincidentemente, Lynn Margulis define a la vida como un verbo. Se trata de un proceso: los organismos mantienen su estructura y tienen la capacidad de regeneración a pesar de los cambios en sus condiciones externas; son capaces de crear sus propios componentes, así como modificar su composición interna.

Coincidiendo con Maturana, Stuart Kauffman, biólogo y médico, con formación multidisciplinar en filosofía, psicología y física, desarrolló su teoría de la complejidad entre 1960 y 1990. En ella considera a la autorganización como fenómeno, al menos, tan importante para explicar la producción de orden y novedad en los sistemas biológicos como la selección natural darwinista. Según Kauffman, la vida es una propiedad natural, esperable, autorganizada colectivamente de los polímeros autocatalíticos (1995: 305), de sistemas químicos complejos. Cuando la cantidad de diferentes tipos de moléculas en un caldo químico supera un cierto umbral, una red sostenida de reacciones aparece súbitamente y la formación de cada miembro del sistema es catalizada por otros miembros (1995). A su vez, señaló que la capacidad de autorganización de la vida sería compatible con la idea de selección natural: “la autorganización es un prerequisite para la capacidad evolutiva, que ésta genera el tipo de estructuras que pueden beneficiarse de la selección natural” (1995:188).

La interrelación entre todos los organismos, como ya marcaba Goodwin, conforma la biósfera (el conjunto de los seres vivos propios del planeta Tierra). Una teoría que describe esta característica de la vida, es la teoría de Gaia. James Lovelock fue el científico estadounidense que la desarrolló. Lovelock trabajó para la NASA y comprendió que el planeta Tierra es un “planeta vivo”, ya que la tierra es un sistema complejo autorganizado, autopoietico que presenta propiedades emergentes. La Tierra es una entidad compleja que implica a la biosfera, atmósfera, océanos y tierra; constituyendo en su totalidad un sistema retroalimentado que mantiene condiciones fisicoquímicas óptimas para la vida en el planeta. Toda la vida de la

Tierra en su conjunto interactúa y tiene la capacidad de mantener las condiciones en que sea posible la continuidad de su existencia.

“Un producto organizado de la naturaleza es aquél en que todo es fin, y, recíprocamente, también medio [...], nada acontece por azar”, escribió Immanuel Kant en su *Crítica de la Facultad de Juzgar* (1790: 292). Dicho autor, considera insuficiente la perspectiva mecanicista para explicar el *organismo*. Este es un objeto de la naturaleza, cuyas partes se relacionan entre ellas y producen un todo (todo es recíprocamente fin y medio).

Lo que Kant señalaba, hoy en día es complementado por las ideas de varios científicos que continuaron una “línea lamarckiana” de pensamiento crítico y una crítica, en el sentido kantiano, de la naturaleza (crítica como conocimiento) y establecieron teorías con un enfoque más holístico. Entre ellos, Lynn Margulis (endosimbiosis), Humberto Maturana y Francisco Varela (autopoiesis). Aunque menos conocidas y divulgadas, estas teorías proponen entender a los seres vivos constituidos a partir de subunidades complejas que han generado sistemas complejos, autorganizados y autopoieticos que, por una propiedad intrínseca, evolucionan.

El árbol sin el bosque

El organismo vivo, hasta aquí, fue descompuesto en células, sus actividades en procesos fisiológicos y por último fisicoquímicos, el comportamiento en reflejos condicionados y no condicionados, el sustrato de la herencia en genes discretos, y así sucesivamente. La única meta de la ciencia parecía ser analítica: la división de la realidad en unidades cada vez menores. Así, el organismo ha sido sustituido por una colección de partes: genes, moléculas y los componentes que se supone forman las estructuras. Señala Goodwin:

“Los genes tiene sentido en el contexto de todo el organismo tiene sentido en el contexto ecología en la que pertenecen” (1994: 8).

Estructurar las investigaciones y el conocimiento en compartimentos que por años han sido reduccionistas nos ha hecho perder la capacidad explicativa de las conexiones con las condiciones iniciales de los procesos en los que participan los seres vivos. La biología se ha desarticulado en numerosas subdisciplinas que, aumentando su especificidad, olvidan el “todo”, los organismos son los que interactúan, no sus genes.

Los seres vivos no existen como organismos aislados, sino integrados a su entorno, entre los que hay interconexiones e interdependencias. Los organismos se encuentran en intensos intercambios con su entorno y son capaces de autorganizarse formando un ecosistema dinámico.

La pregunta que podemos hacernos es si con cambios graduales a la teoría darwinista se podrá evitar un necesario cambio de paradigma, a la luz del desarrollo de disciplinas que contemplan otros marcos teóricos. Goodwin remarca que los organismos son sistemas de una clase particular y que esto es lo que necesitamos entender y explicar para comprender la evolución. Es decir que debemos explicar el proceso evolutivo desde otros paradigmas.

Para Thomas Kuhn (1962), una revolución científica es definida por la aparición de nuevos esquemas conceptuales. Estos ponen en primer plano aspectos que anteriormente no eran vistos o percibidos por la ciencia “normal”, es decir la ciencia aceptada y practicada generalmente en determinado tiempo. La meta de la física clásica, por ejemplo, era resolver los fenómenos naturales en un juego de unidades elementales gobernadas por leyes “ciegas” de la naturaleza. Esta visión mecanicista no se alteró –antes bien, se reforzó– cuando en la física las leyes deterministas fueron reemplazadas por leyes estadísticas: los acontecimientos físicos se dirigen hacia estados

de máxima probabilidad, así las leyes físicas son esencialmente “leyes del desorden”, fruto de acontecimientos desordenados, estadísticos. Sin embargo, en contraste con esta visión mecanicista, han aparecido en las distintas ramas de la física moderna problemas de totalidad, interacción dinámica y organización. En paralelo, como señala Ludwig von Bertalanffy, la biología mecanicista veía su meta en la fragmentación de los fenómenos vitales en entidades atómicas y procesos parciales. Por el contrario, la concepción organísmica, fundamental para la biología moderna, implica estudiar no solo partes sino también resolver los problemas decisivos hallados en la organización y el orden que los unifican.

Los enfoques a que nos hemos acostumbrado consisten en priorizar las respuestas por medio de la comprobación, pero desechando las partes que no pueden predecirse debido a que son parte de sistemas complejos. La visión compleja de la naturaleza, anterior a la era darwiniana, se fue paulatinamente abandonando y se sustituyó por el reduccionismo de los genes y sus productos, que entendía los organismos como “complejas máquinas moleculares controladas por los genes que están contenidos en ellas y que son portadores de los registros históricos de las especies a las cuales el organismo pertenece” (Goodwin, 1994: 11).

Desde el 1900, la embriología y el estudio del desarrollo son desplazados por la genética, centrándose la atención en los genes, que luego fueron definidos físicamente en la secuencia de DNA. Pero como hemos señalado ya, la secuencia de DNA no significa nada sin un contexto que le preceda. Como D’arcy Thompson señala: la materia en sí no es capaz de producir nada, ni cambiar nada, porque es la autorganización (una especie de metonimia de la vida) la que lleva a cambios y diferencias. Los organismos pueden reducirse a sus componentes simples (átomos, moléculas, etc.) pero no son esa conjunción de componentes químicos y físicos, sino la propia capacidad de autorganizarse y aumentar la complejidad o lo emergente a partir de la interacción de esos componentes.

Actualmente se está avanzando en el estudio de la complejidad. Al analizar las propiedades emergentes se comprende que los componentes materiales no tienen establecido o programado el resultado global de un sistema. Desde áreas como la cibernética se logran avances que ayudan a entender qué son y cómo funcionan esos sistemas, áreas fundamentales para apoyarse y entender la evolución biológica. Entonces, partimos de que los seres vivos son sistemas complejos, es decir, fenómenos compuestos por una gran cantidad de componentes interactuantes simples, elementales, capaces de intercambiar información entre ellos y con su entorno de manera que adaptan su estructura interna como consecuencia de tales relaciones. Como resultado, bajo algunas circunstancias, pueden surgir nuevos comportamientos. Dichos comportamientos no pueden ser vistos por partes o como subsistemas separados, son el producto de la acción colectiva.

Ninguna teoría, ninguna hipótesis, ningún postulado que pretenda explicar la emergencia de una estructura, ruta metabólica o molécula debe escapar de las leyes biológicas. Y la vida y su evolución tienen que explicarse en base a los hechos y no a preconceptos económicos y antropocéntricos. Esta explicación, como dijo el investigador Emilio Cervantes, solo puede ser posible a la luz de la biología.

Transferencia horizontal de genes

Los genes que se transfieren entre individuos de la misma generación es un evento importantísimo en la evolución. A partir de la genética, sabemos de la alta prevalencia de eventos de transferencia horizontal de genes (THG) en bacterias, arqueas y eucariotas lo que ha resultado en la naturaleza quimérica de los genomas. No es algo excepcional, sino otro de los procesos que debemos incluir en el análisis de sistemas complejos.

Diferentes partes de un genoma pueden tener distintas historias evolutivas y es difícil identificar un antepasado común. Las secuencias genómicas de varios metazoos sugieren un origen quimérico para sus grupos principales debido a la presencia de estas transferencias horizontales. Por ello, muchos genetistas entienden que no es válido pensar en un árbol filogenético, sino que el proceso evolutivo constituye más bien un proceso reticulado, una red de la vida. Así, se describe a la evolución de los animales como un rizoma para reflejar lo observado empíricamente: que las secuencias genómicas que componen a los animales provienen de muchas otras especies. El mosaicismo génico es una condición generalizada debido a que la transferencia horizontal de genes involucra a todos los dominios de la naturaleza (Archaea, Bacteria y Eukarya). Es interesante el ejemplo de la bacteria *Wolbachia*. Esta bacteria endosimbiótica transfiere sus genes a las especies de distintos invertebrados con las que convive. Es conocido que un genoma bacteriano entero (1.4 miles de pares de bases) fue transferido a la mosca *Drosophila ananassae*. De la misma manera, este tipo de eventos han sido reportados en una amplia gama de insectos (*Hemiptera*, *Diptera*, *Coleoptera* e *Hymenoptera*). En animales, se pueden mencionar la adquisición de elementos genéticos P por *Drosophila melanogaster* de *Drosophila willistoni* y la transferencia de genes enteros de la vía biosintética de carotenoides de hongos y 12 genes de bacterias a *Acyrtosiphon pisum*. Los gusanos nematodos presentan genes de bacterias, hongos y otros animales. Por ejemplo, *Pristionchus pacificus* contiene gran cantidad de genes encontrados en insectos y *Heterodera glycines* contiene una vía biosintética para la vitamina B6 de bacterias.

La transferencia de genes también puede ocurrir en células germinales humanas. Por ejemplo, fueron descritos minicírculos de las mitocondrias derivados del eucariota *Trypanosoma cruzi*. Este hecho apoya que muchos microorganismos considerados parásitos tienen una evolución conectada a su anfitrión. Por lo tanto, el hecho de que algunos microorganismos puedan causar una enfermedad en el huésped debe ser asumido como una situación normal en la evolución, que implica permanentemente procesos integrativos.

La secuenciación del genoma humano ha demostrado un alto contenido de genes relacionados con bacterias y virus incluyendo muchos retrotransposones. El retrovirus endógeno humano HERV-L está relacionado por homología a distintos virus llamados "foamy virus" que se encuentran en todos los mamíferos. Recientemente, se ha reportado la presencia de virus endógenos de diferentes familias en genomas animales. Las poblaciones retrovirales endógenas (ERV) de reptiles, aves y mamíferos muestran diferencias relacionadas con la especificidad funcional de cada secuencia y en el número de repeticiones de la misma. A mayor número de repeticiones, menor distancia evolutiva con el ser humano.

Son algunos ejemplos conocidos, hay muchos más, que van conformando un cúmulo de evidencias para proponer que la incidencia de transferencia horizontal de genes es más alta de lo que se suponía y tiene una importancia central en la evolución de microorganismos y anfitriones metazoos. La estructura genómica es fluida y existe una dinámica. El equilibrio entre procesos génicos y celulares debe ser analizado desde la perspectiva de sistemas complejos para poder comprender cuándo los sistemas producen alteraciones génicas e integraciones que cambian el sentido de los genes preexistentes.

Epigenética

La herencia no reside únicamente en el ADN del genoma, sino también en un estado epigenético celular. Todo organismo vivo existe porque su estructura y metabolismo está adaptado. Hay una flexibilidad que permite adaptarse a la variabilidad ambiental. Los procesos epigenéticos están involucrados en la regulación del sistema y en dicha adaptación. La idea de variantes alélicas (genes "mendelianos") como única fuente de variabilidad dentro de una población es anticuada a la luz de la complejidad del genoma. A pesar de que casi

todos los genes se transcriben, pocos de ellos se traducen en proteínas. Gran parte de las diferencias entre individuos no responde a las diferencias alélicas de algunos genes sino a cambios en la organización del genoma: número de secuencias repetidas, inversiones y eliminaciones relacionadas con la respuesta al medio ambiente, mediada por mecanismos epigenéticos

Conrad Hal Waddington (1905–1975), fue el primero en usar la palabra "epigenética" para definir que la interacción de un determinado gen con el entorno conduce a la generación de un fenotipo particular. Los cambios epigenéticos se basan en una amplia variedad de mecanismos que reducen, activan o inactivan genes y redes reguladoras. Todos estos efectos son el resultado de metilación de residuos de citosina en el ADN, remodelación de estructura de cromatina y regulación mediada por ARN. Estos eventos generan un fenotipo o carácter inducido que puede ser heredado por las siguientes generaciones.

Estos mecanismos epigenéticos hereditarios se observan en toda la naturaleza y muestran que los factores ambientales pueden aumentar la flexibilidad genómica y provocar cambios que se mantienen a través de las generaciones. En ratones, por ejemplo, las toxinas ambientales y los suplementos dietéticos inducen cambios en ADN que son heredables.

Dichos mecanismos fueron estudiados hace algún tiempo por muchos naturalistas, incluido Luther Burbank (1849–1926) e Ivan Michurin (1855–1935) quienes crearon plantas con características heredables adquiridas de plantas madre. Además, hay alrededor de quinientas publicaciones de estos tipos de experimentos de hibridación publicados principalmente en Rusia. Cuando varios científicos "occidentales" han repetido algunos experimentos y llegaron a los mismos resultados, se confirmó que es posible crear variantes que adquieran características persistentes entre generaciones.

Los reordenamientos genéticos, por otra parte, inducidos por virus participan y subyacen al proceso de generación de nuevas estructuras, formas metabólicas y regulación génica que producen cambios evolutivos. Por ejemplo, la acción y expresión de un gen derivado de un retrovirus endógeno participa en la formación de placenta en mamíferos. Los retrotransposones también están involucrados en la regulación de genes relacionados con la histocompatibilidad en humanos, otros mamíferos e invertebrados. Secuencias virales en el genoma de metazoos tienen contenido con "sentido biológico" portando elementos de información genética compleja. La integración de un sistema complejo dentro de otro, es decir, la integración de secuencias genéticas en diferentes individuos, cambia profundamente el proceso y la identidad de los caracteres.

Evo-devo

Una disciplina relativamente reciente retoma las investigaciones de grandes naturalistas, pone en el centro de la cuestión evolutiva el desarrollo embrionario y los avances en genética. Se trata del *evo-devo*, un campo apasionante que vincula el desarrollo y la evolución de la vida con la manera en que interactúan los genes, su interregulación y relación con el ambiente para comprender la generación y emergencia de patrones.

Lorena Caballero, investigadora de la UNAM, hace un repaso de los descubrimientos que fueron articulándose para conformar la disciplina. La relación entre la evolución y el desarrollo fue postergada en la biología debido al predominio del planteamiento darwinista de la selección natural, lo que relegó a la embriología en cuanto disciplina para explicar la evolución. La selección natural, como ya vimos, es una fuerza inconsciente, todopoderosa y selectora, pero incapaz de generar variedad y, sumada a la mutación aleatoria,

insuficiente para explicar cómo los seres vivos evolucionan, cómo se generan sus estructuras o configuraciones finitas. El evo-devo puede echar luz sobre esto.

La biología evolutiva del desarrollo surge a partir de los embriólogos evolutivos del siglo XIX, Von Baer, Haeckel, Balfour, y del siglo XX, Morgan, Waddington, Goldschmidt, entre otros. La aparición de críticos al paradigma de azar y selección, por ejemplo, Gould y Lewontin, permitió replantear el lugar y la importancia del estudio del desarrollo embrionario en la comprensión de la evolución.

En 1980, ocurre un descubrimiento crucial para avanzar en ese sentido: la existencia de genes homeóticos (u homeobox). Estos genes conservados generan patrones, especifican la estructura corporal, la segmentación en insectos y se encuentran también en la determinación de planes corporales en vertebrados. Antes de esto, se estudiaban genes que se expresaban durante el desarrollo, pero el descubrimiento de los homeobox cambió la visión lineal de los genes y el desarrollo. Controlan el desarrollo embrionario y están presentes en animales tan diferentes como los insectos y los vertebrados. Definen la morfología de los cuerpos adultos y han sido altamente conservados a través de cientos de millones de años de evolución. Todo ello indica que las estructuras evolucionan a partir de patrones morfogenéticos que no están ligados a la existencia de genes específicos. Por lo que es importante describir estos patrones que dan cuenta de la relación entre desarrollo y evolución, para luego conocer los mecanismos que comparten. Por mucho tiempo se pensó al desarrollo embrionario como algo genéticamente programado que no tenía relación con el proceso evolutivo, el cual no tendría un programa definido. Esta desvinculación se termina con el evo-devo.

Los temas de investigación relacionados a la emergencia como un proceso intrínseco del desarrollo, la plasticidad adaptativa y su importancia con el entorno son claves en esta área. Esta disciplina se plantea las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo afecta el proceso de desarrollo embrionario a los cambios evolutivos y cómo evoluciona el desarrollo en sí?
2. ¿Cómo las modificaciones morfológicas influyen en la aparición de novedades evolutivas?

Una forma de entender esos patrones es con la teoría de sistemas dinámicos. Cambios pequeños pueden producir grandes cambios a otros niveles y viceversa. Así el evo-devo se une a las teorías de sistemas complejos, a partir de estudios de anatomía comparada que comenzaron mucho antes. Como vimos en la primera parte del libro, un naturalista hizo grandes avances en este campo, nos referimos a Geoffroy Saint Hilaire. Estudió las elaciones evolutivas y la embriogénesis y formuló la pregunta central: ¿la ontogenia recapitula la filogenia? Es decir, ¿las etapas del desarrollo embrionario representan estadios evolutivos de especies relacionadas y del propio linaje? Para Saint Hilaire las homologías entre las partes eran el camino crucial para entender la anatomía. Sus ideas no fueron aceptadas, sobre todo por la gran influencia de Georges Cuvier que sostenía el fijismo de las especies y representaba el poder eclesiástico de la época. Sin embargo, sus investigaciones fueron muy importantes, porque la embriología brindaba así una prueba de la evolución de las especies, representó una dimensión del tiempo, como el registro fósil y una representación real de la evolución de los patrones que necesitamos identificar.

Para Saint Hilaire existía una unidad del plan de organización de los animales. Desarrolló la teoría de los análogos y el principio de las conexiones. Según esta teoría, existe una correspondencia entre los órganos de todas las especies, mientras que el principio de las conexiones es el que permite localizar tales correspondencias. Así, los órganos pueden encontrarse hipertrofiados, atrofiados e incluso haber desaparecido, pero a pesar de esto el modelo común se mantiene. Tal modelo común, por otro lado, es construido en virtud de consideraciones exclusivamente morfológicas.

También Étienne Serres propuso una teoría de recapitulación del desarrollo evolutivo entre 1824 y 1826. Los embriones de animales “superiores” atraviesan o recapitulan una serie de etapas, correspondientes a ancestros evolutivos. Por ejemplo, el cerebro de un embrión humano se parecía primero al de un pez, luego a su vez al de un reptil, pájaro y mamífero antes de convertirse claramente en humano. Posteriormente, Ernst Haeckel mostró la recapitulación comparando estados progresivos del desarrollo en diferentes vertebrados, advirtiendo que los animales durante el desarrollo recapitulan estadios evolutivos tempranos de su linaje. Luego, Von Baer realizó estudios en vertebrados y estableció que no existía una recapitulación estricta, sino que los organismos divergían en el desarrollo.

Darwin señaló la relación existente entre embriones de animales superiores y adultos de formas más primitivas. Esa relación la consideró un indicador de ancestría-descendencia. Para Darwin, el desarrollo embrionario es modelo de la transformación de las especies. Pero lamentablemente, los estudios centrados en la selección natural, y posteriormente el programa experimental propuesto por Wilhem Roux, separó los estudios en embriología de los evolutivos. Desde entonces el estudio del embrión se centró en la explicación genética del desarrollo.

El modelo de mosaico de Roux sostenía que los embriones eran resultado de un desarrollo en mosaico, que cada pieza del organismo tenía información diferente de material nucleico. Esto fue refutado experimentalmente, ya que cada célula conserva todo el material genético en las primeras etapas del desarrollo. Desde entonces, se plantea que lo que ocurre es emergencia de patrones, apoyado en fenómenos epigenéticos y la dinámica embriogenética. Los estudios y avances en genética con el descubrimiento de homeoboxes (relacionado a las homologías estudiadas previamente) y la relación que tienen estas regiones con los patrones corporales en el desarrollo, que no son recapitulación lineal de la evolución del linaje, han conformado un enfoque global de todo el sistema y su complejidad que podemos puntualizar de esta manera:

- Hay gran variedad en la naturaleza a partir de genes altamente conservados, no acumulación de mutaciones y variabilidad tamizada por una selección.
- Genes altamente conservados “codifican para” estructuras muy diferentes en animales alejados filogenéticamente entre sí. Por ejemplo, genes que codifican para segmentos y apéndices en invertebrados y eje corporal en vertebrados. El gen *pax-6* forma los ojos de las moscas de la fruta y los ojos en ratones y humanos. El mismo gen se encontró rápidamente en muchos otros grupos de animales, como el calamar, un molusco cefalópodo. Los biólogos darwinistas, incluido Ernst Mayr, creían que los ojos habían surgido en el reino animal al menos cuarenta veces. Enormes períodos de tiempo en donde mutaciones se acumulaban azarosamente bajo presiones de la supuesta selección natural. Aunque nada de eso es así, los genes antiguos se han conservado a través de millones de años de evolución para crear estructuras diferentes para funciones similares, lo que demuestra una profunda homología entre estructuras que alguna vez se consideraron puramente análogas. Esto ha provocado una revisión radical del significado de la homología y la respuesta del genoma a cambios ambientales mediante reorganizaciones funcionales es de lo que debería tratar una teoría evolutiva.
- Existen cambios notables en los niveles de regulación. Muchos genes virales son los que cambian los patrones de regulación, he aquí la importancia de la integración viral y el rol dentro de la dinámica compleja de la vida.
- Las guías genéticas están inmersas dentro de redes complejas que actúan en conjunto en el desarrollo. Las piezas de evolución se entremezclan y reordenan siguiendo patrones, generando diversidad, pero nos resta saber cómo operan estas reorganizaciones.

- El conocimiento de los componentes genéticos no nos sirve para entender procesos que siguen otras leyes (desarrollo y evolución), y el enfoque que parte desde los genes ha sido siempre equivocado. El proceso es emergente y no predecible desde las partes (genes o células), por ello es necesario recurrir al estudio de sistemas complejos. Ese es el desafío multidisciplinar que enfrenta la biología.

A partir del evo-devo se estudian patrones de desarrollo dentro de los diferentes grupos de seres vivos que permiten y facilitan la aparición de formas. También se han realizado modelos matemáticos en los que se intenta comprender las transiciones morfogénicas y de esta manera esquematizar los pasos que sigue un organismo al llevar a cabo el proceso de desarrollo del embrión. Sorprendentemente, se ha observado que la propia dinámica del sistema permite la emergencia de estructuras en cierto momento, independientemente de la función y, mucho menos, de la utilidad y una supuesta ventaja sobre otro competidor, como un principio propio de la organización celular.

Es decir, la vida además de autorganización demuestra que en la interacción indisociable del organismo y el ambiente surgen los cambios que provocan alteraciones y emergencia de nuevos patrones o estructuras (evolución). En los embriones animales, por ejemplo, dada su plasticidad se producen una gran cantidad de “soluciones” complejas, que junto con otros procesos permiten que desarrollen soluciones morfológicas sorprendentes.

Sistemas complejos. El árbol y el bosque

Darwin, en una lucha consigo mismo, dada su formación religiosa y su creencia en el fijismo, comprendió a bordo del Beagle la mutabilidad de las especies y plasmó sus investigaciones en su obra

más conocida. Pero no consideró a la extinción como un proceso importante a nivel evolutivo, sino un proceso gradual y pasivo que no representaba algo significativo dentro de la evolución de las especies. Cuvier, sin embargo, realizó múltiples estudios paleontológicos y postuló a la extinción como un fenómeno importante en el pasado de los organismos, señalando “¿por qué nadie ha visto que los fósiles solos dieron nacimiento a una teoría acerca de la formación de la tierra, que sin ellos ninguno hubiera nunca soñado que hubo sucesivas épocas en la formación del globo?” (citado por Caballero, 2008: 23). Caballero señala que las grandes extinciones forman parte crucial en la evolución de los seres vivos.

Los seres vivos no participan solos en el desarrollo del proceso evolutivo y esto incluye a las grandes extinciones. Todos trabajamos en conjunto gracias a un proceso llamado conectividad en el cual no sólo somos la suma de las partes, no somos seres independientes, por lo tanto, ni evolucionamos solos ni nos extinguimos solos. Esto explica, en parte, que se hayan dado a lo largo de la historia del globo grandes extinciones en masa y subsiguientes avalanchas de especiación.

Como podemos ver, muchas veces la biología perdió en el camino, en algún lugar de la historia, la capacidad de entender a los organismos vivos como entidades dinámicas con una gran capacidad de organización y orden característicos, en los que interactúan diversos fenómenos inseparables unos de otros. No podemos reducir la explicación de la vida, ni al absolutismo molecular (que sin duda es de gran importancia en el mantenimiento de la misma); ni a la selección natural, ni al azar, que como concebía Darwin era una suerte de entidad divina que generaba toda la variedad de formas vivas sobre la tierra. La ciencia ha abordado infinidad de veces estos puntos y sin embargo no se ha entendido cabalmente la verdadera. (Caballero, 2008: 23)

De todo ello, resulta necesaria una nueva base teórica que tenga en cuenta el proceso integrador y asociativo que se observa en la

naturaleza y en la evolución de los organismos teniendo en cuenta el efecto fundamental del llamado medioambiente, evitando analizar la naturaleza desde prejuicios económicos y especulaciones como relaciones costo-beneficio y transacciones egoístas entre los organismos. ¿Hay algo de eso en marcha?

En los tiempos del origen de la base teórica de la genética de poblaciones (base de la Teoría Sintética Moderna) el conocimiento existente sobre los procesos genéticos y los mecanismos eran muy limitados. Aunque el concepto de transmisión de caracteres de acuerdo con el tipo de herencia mendeliana era una simplificación de algunos procesos hoy en día sabemos que en realidad son mucho más complejos. La integración lleva a la construcción de nuevos niveles de organización. Las bacterias como componentes (o unidades) básicos, que contienen todos los procesos y mecanismos de la vida celular, se han conservado con muy pocos cambios a lo largo del proceso evolutivo. Los virus, por el mecanismo de integración cromosómica (ya sea individualmente o a través de su combinación), introducen nuevas secuencias responsables de controlar el desarrollo embrionario de los nuevos tejidos y órganos (recordar la evolución teratológica de Saint Hilaire), así como la regulación de su funcionamiento. Parece ser que la asociación y la cooperación han sido subestimadas en la biología que solo ve una batalla por la vida en la naturaleza.

Con la aceptación de la selección natural y la visión darwiniana de la naturaleza, la definición misma de *vida* está sesgada, pero desde que se avanzó en el conocimiento de los microorganismos, naturalistas de distintas partes del mundo y en distintas épocas dieron relevancia a mecanismos centrales de la evolución, como la simbiogénesis. Además, se debilitó la mirada del “mundo animal” como solo el de los grandes animales macroscópicos y se comprende, como hemos remarcado, el rol evolutivo de los virus.

La existencia de los virus era insospechada para los naturalistas y matemáticos que construyeron el paradigma darwinista, desde Darwin hasta Fisher. Dado el rol central que tienen, su capacidad para insertar los genomas de las células, los mecanismos centrales de la evolución deben ser revisados. El reordenamiento genético que resulta de la integración viral ha formado un mosaico de genes que subyace a la creación de nuevas estructuras y la generación de nuevas especies. El genoma de cada organismo es un mosaico de genes, muchos de estos de origen bacteriano y viral constituyendo regiones que participan activamente en el control del desarrollo, con lo cual se revela su rol fundamental en la emergencia de novedades evolutivas.

La transferencia lateral de genes entre bacterias intracelulares permite el intercambio de genes entre bacterias filogenéticamente muy diferentes. La representación de la evolución como un árbol que lleva a un único ancestro común es incorrecta y obsoleta. Más sugerente es imaginarla como una especie de rizoma que se puede reconstruir desde los genomas.

Con todo ello, entra en juego la teoría de sistemas. Un sistema, frente a un cambio ambiental profundo, puede responder con un salto estructural (evoluciona) o un colapso (muerte). Los organismos surgen debido a una dinámica estructural independiente de ellos y no hay aquí nada que se pueda llamar fuerza o presión selectiva. Un observador puede notar una supervivencia diferencial de los diferentes tipos de organismos que constituyen una población (podemos recordar el experimento dudoso de la polilla del abedul, ampliamente difundida en libros de biología), pero el observador no puede afirmar que lo que llevó a este diferencial de supervivencia haya sido una selección. Este resultado, según los investigadores Humberto Maturana y Varela (quienes definieron la autopoiesis), es la consecuencia de un proceso sistémico en el que no hay “presión”. En la medida en que los seres vivos son sistemas autopoieticos que existen y crecen en condiciones de conservación de la organización y se adaptan o mueren, la producción de los linajes y la variación fenotípica son procesos espontáneos e inevitables (Maturana y Mpodozis, 1999).

Comprender el comportamiento de los mecanismos moleculares, genéticos, proteicos y su interacción, que constituyen sistemas, es un desafío actual. La evolución no está dentro del organismo ni dentro de una secuencia génica, está en esa fusión organismo-ambiente. Si el darwinismo se constituyó en el árbol que nos impide ver el bosque, la realidad, la evolución de la vida y nuevos abordajes para su estudio nos devuelve al bosque, nos permite entender la vida como fenómeno total.

Los seres vivos como sistemas complejos en evolución

La teoría general de sistemas fue propuesta por Ludwig von Bertalanffy. Es una disciplina científica lógico-matemática aplicable a todas las ciencias relacionadas con los sistemas. Hay principios que se aplican a los sistemas en general, cualquiera sea la naturaleza de sus elementos componentes, las relaciones o las "fuerzas" existentes entre ellos. Según Bertalanffy, tanto el hardware de las computadoras, la cibernética, como el software de la ciencia de los sistemas, representan una nueva tecnología que ha sido llamada la Segunda Revolución Industrial. Solo lleva unas décadas desarrollándose y con esta base, el desarrollo de una teoría que pueda abarcar la complejidad de la vida se vuelve absolutamente interesante y necesaria. Desde esas áreas de conocimiento se sabe que existen leyes generales de sistemas aplicables a cualquier sistema de determinado tipo, sin importar las propiedades particulares del mismo ni de los elementos participantes. Los organismos vivos son sistemas abiertos, es decir, sistemas que intercambian materia con el medio circundante, incorporando y eliminando materia y pueden estudiarse con herramientas generadas de otras áreas.

Los fenómenos que constituyen la vida, o un determinado orden del sistema que resulta en un organismo vivo, son el resultado de leyes que no pueden explicarse linealmente como lo ha hecho la biología hasta ahora. No existe una relación causa-efecto como estamos acostumbrados a razonar. En la manera lineal, el resultado puede ser proporcional y predecible solo con el conocimiento de las partes, pero en los sistemas complejos el comportamiento no es predecible de esa manera y por lo tanto el estudio de los fenómenos no puede ser visto bajo la óptica del reduccionismo. En los fenómenos de la vida, alteraciones pequeñas pueden causar grandes efectos y grandes cambios, causar efectos no significativos. Como estos sistemas no pueden predecirse de manera absoluta se hace necesaria la búsqueda de patrones que puedan explicarlos o describirlos. Las leyes de la física y matemática clásicas no alcanzan. Estas no tomaron en cuenta que el desarrollo de la complejidad está dado con base en interacciones sencillas.

Al intentar comprender los sistemas biológicos se observa que, tras ese aparente desorden, hay un orden que la biología no ha podido comprender porque nunca se estudió al mundo vivo como sistemas complejos. Conocidos, también, como sistemas dinámicos complejos, sistemas adaptativos complejos, o sistemas caóticos, tienen patrones que es necesario identificar, esto es, describir bajo qué tipo de interacciones se desarrollan algunos comportamientos y emergen otros completamente nuevos e irreducibles a sus componentes originales.

En ese sentido, Lorena Caballero señala que la organización jerárquica implica que la descripción debe hacerse por niveles, teniendo en cuenta las vinculaciones entre ellos. Las estructuras están basadas en configuraciones moldeables, esto quiere decir que pueden evolucionar a través del tiempo según las condiciones externas e internas del propio organismo. El número de opciones para adoptar una configuración en un punto de elección es infinito, sin embargo, solo puede tomar un número reducido de configuraciones.

Los sistemas complejos están en constante cambio. Estos cambios pueden producir bifurcaciones, es decir, en respuesta a una misma causa se generan efectos en direcciones alternativas que incluso pueden ser opuestos. A este proceso de elección-cambio en que se produce una bifurcación se le llama rompimiento de simetría. Frente a esta situación existe una respuesta a cierto estímulo (impredecible hasta cierto punto y dependiente del contexto), por lo que siempre se habla de que la vida se desarrolla en el borde del caos.

Para tratar de comprender un sistema complejo podemos observar una colonia de insectos. Las hormigas en una colonia constituyen un superorganismo en el cual se observa la toma de decisiones colectivas, la autorganización sin existencia de líderes. Al moverse cada hormiga emite una señal química. Las otras hormigas pueden detectar el rastro y seguir el gradiente químico. En estas colonias de insectos hay reglas individuales de comportamiento, comportamiento colectivo, interacciones locales y transición de fase en el número crítico de hormigas.

Como ya mencionamos, otro aspecto de estos sistemas complejos es que tienen *propiedades emergentes* que permiten que surjan nuevos niveles como resultado de un nivel inferior; las propiedades diferentes y novedosas que surgen en el nuevo nivel no son simples repeticiones o mínimas adaptaciones. Esto es observable en la naturaleza ya que la materia, viva o inanimada, se autoconstruye generando niveles de organización o jerarquías cada vez más diferentes unas de otras, desde las partículas elementales hasta lograr una diversificación. Un ejemplo es la presencia de fractales como forma de organización de la materia. Un fractal es un objeto que presenta la misma estructura independientemente de la escala en la que se observe. El cerebro, por ejemplo, contiene estructuras más pequeñas que se parecen a las más grandes, lo mismo sucede en las redes vasculares, las arterias, los bronquios, o el arreglo foliar en diferentes grupos de plantas. Pero dichas estructuras con características fractales también se ven en la naturaleza únicamente física

o química. Es decir, las formas fractales son insensibles a los componentes microscópicos y a simple vista aparecen como estructuras de la misma naturaleza.

Las interacciones entre sistemas físicos y químicos generaron sistemas complejos que posteriormente formaron estructuras vivas a su vez complejas. Los sistemas vivos poseen tipos característicos de orden que emergen por la interacción de muchos componentes diferentes. Lynn Margulis retoma este tipo de enfoque en su teoría de la endosimbiosis, en la misma propone que a partir de una relación de cooperación o simbiosis se desarrolló la célula con mitocondrias y cloroplastos como paso fundamental para el desarrollo de las formas vivas que ahora pueblan la tierra.

Por otro lado, debemos también sumar el concepto de *estructuras disipativas* para comprender el funcionamiento de los sistemas biológicos. Como hemos visto en capítulos anteriores, los seres vivos son sistemas autopoieticos disipativos. Este concepto fue introducido por Ilya Prigogine en los años 70. Postuló que las estructuras disipativas son formas alejadas del equilibrio. El equilibrio es el estado máximo de entropía. En el equilibrio, la energía útil se ha disipado. Estas estructuras para mantener su forma deben disipar la entropía constantemente para que no crezca dentro de la identidad y se llegue al equilibrio. El organismo, las estructuras disipativas, deben formarse en situaciones alejadas del equilibrio. En la termodinámica clásica, una medida de la eficacia de un proceso es una baja producción de entropía. Las estructuras disipativas son eficaces precisamente por la razón contraria: generan alta entropía con entrada fluctuante de energía. Estos sistemas entre los que identificamos a los seres vivos, se convierten en una paradoja. Sobrevivimos permaneciendo abiertos a un intercambio fluido de materia y energía con el medio ambiente (Briggs y Peat, 1996).

La revelación crucial de Prigogine es que los sistemas que se alejan del equilibrio presentan características que los llevan a un estado de orden. El orden por fluctuaciones es un mecanismo que permite el surgimiento de la autorganización. Estamos ante los fundamentos científicos para explicar el carácter autorganizativo (autopiético) de la vida. Las fluctuaciones ponen a prueba constantemente la estabilidad de un sistema viviente, y en cierto momento, una o varias de estas fluctuaciones pueden hacerse tan fuertes que empujarán al sistema a través de situaciones de inestabilidad, hacia una estructura totalmente nueva que, a su vez, será fluctuante y relativamente estable (Pérez Martínez, 2005).

En palabras de Prigogine:

Un sistema biológico, que metaboliza y se reproduce, debe, efectivamente, intercambiar energía y materia con el entorno; por lo tanto, funciona como sistema abierto. Por otra parte, el mantenimiento de la vida y el crecimiento dependen de un sinnúmero de reacciones químicas y de fenómenos de transporte, cuyo control implica la intervención de factores no-lineales (activación, inhibición, auto-catalización directa, etc.). Finalmente, el aporte de energía o de materia se efectúa, generalmente, en condiciones inestables, ya que los productos de reacción son expulsados del sistema vivo o enviados a otros lugares de la célula para que desempeñen otras funciones. En resumen: el funcionamiento de los sistemas biológicos parece cumplir las condiciones necesarias para que aparezcan las estructuras disipativas. (Prigogine, 1997: 316)

Si el paradigma neodarwinista es incompleto, ¿qué hace falta entonces para sostener una teoría evolutiva que dé cuenta, convincentemente, del orden y evolución existente en el mundo de lo viviente? Una respuesta posible: una biología que sea capaz de sustentar leyes del orden. Stuart Kauffman señaló que los postulados darwinianos de azar y selección no podrían haber conformado el orden observado

en la naturaleza: toda la diversidad biológica y los órganos, sistemas y estructuras que se observaban en animales y plantas relacionados o no evolutivamente. Si bien Kauffman sostuvo la necesidad de explicaciones reduccionistas, su aporte sobre la teoría de la complejidad permite comprender que la vida puede explicarse con leyes propias que permitan la evolución como algo intrínseco.

Stuart Kauffman, por su parte, consideró a la autorganización como un fenómeno tan importante para explicar la producción de orden y novedad en los sistemas biológicos como la selección natural darwinista. En su primer libro *Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution* de 1993, resume veinte años de su trabajo de investigación. Allí explica el papel fundamental que juega la autorganización en el origen y la evolución.

Kauffman señala que, en estos sistemas, el límite del caos es una transición de fase en la cual emergen nuevos comportamientos y propiedades, tales como la vida o la creación de nuevas especies. Estamos hablando de la aparición de una bacteria, de una célula primigenia, o de la coevolución de las especies observada en cualquier ecosistema, “el orden que emerge depende de las propiedades estables y típicas del sistema, no de los detalles específicos de su estructura y su función” (Kauffmann, 1995: 19).

En resumen, plantea dos hipótesis fundamentales: 1) la autorganización es precondition para la capacidad evolutiva, y 2) la evolución toma lugar en una zona de transición entre el orden y el desorden llamada “el límite del caos”.

El dogma de las mutaciones genéticas al azar y la selección natural se enfrentan a dos limitaciones: 1) si la riqueza de los acoplamientos entre los genes es muy grande, la búsqueda de óptimos en un espacio de posibilidades de tamaño considerable hace que la exploración se detenga en un óptimo local; además, 2) existe la posibilidad de incurrir en lo que se llama un error catástrofe, perdiendo así los caracteres útiles acumulados.

Es decir, si las posibilidades son muy grandes, se encontrará un óptimo que reduce la entropía y estabiliza el sistema en un equilibrio. Y, por otro lado, es posible llegar a un error que causará la desaparición del sistema. Pero la vida evoluciona continuamente, en un estado de desequilibrio y sin errores catastróficos. De aquí que otro recurso para comprender la evolución sea necesario: la autorganización.

Kauffman realizó modelos de sistemas para representar, por ejemplo, las regulaciones genéticas y los sistemas adaptativos complejos. Con ellos se simuló la dinámica genética de redes y demostró que la autorganización es una propiedad que surge en una zona de transición ubicada entre un comportamiento homeostático y uno caótico que permite la estabilidad, pero, a la vez, la flexibilidad del sistema para crear la novedad y el orden observado en la naturaleza.

También había señalado que los fenómenos biológicos derivarían de la división o ruptura (reproducción) ocurrida espontáneamente en los sistemas complejos cuando el volumen aumenta significativamente. Lorena Caballero, por su parte, propone que el surgimiento de una estructura específica en distintos organismos o formas vivas está dado por *atractores morfogenéticos* que dirigen dinámicas dentro de los sistemas complejos. Para Kauffman, existen centros atractores y repulsores que van limitando los estados posibles de la forma, por esta razón pueden aparecer morfologías similares en especies distantes, además de generar un número limitado de figuras distintas. De esta manera, las teorías y los hechos concurren y se refuerzan mutuamente. El hecho de que la dinámica de un sistema complejo lleve a la aparición de un número limitado de formas (el ojo en distintas especies, por ejemplo) se opone a la idea de que cualquier forma de vida es posible mediante adaptación y acumulación de mutaciones. Se empieza a estudiar la complejidad y a entender qué lleva a evolucionar a una forma viva en un determinado sentido, de acuerdo a la historia del sistema y a su relación con el ambiente. El azar empieza a reemplazarse por conocimiento. Hay que remarcar que estos atractores son claramente observables

desde la mecánica morfogenética en el desarrollo embrionario, en el que se observan claras pautas de orden que desde los morfólogos racionalistas como Sain-Hilaire o Thompson, entre otros, tomaron un lugar muy importante en la investigación biológica por el gran interés en descubrir las leyes que rigen el surgimiento y desarrollo de las formas vivas.

Se ha planteado entonces que, ante la incapacidad del neodarwinismo de dar respuesta al origen de la variación, la teoría de Kauffman y los sistemas complejos completarían este vacío teórico, ligándose a procesos de selección natural. Una síntesis renovada, como lo fue la teoría sintética, fusionando la teoría de selección natural darwiniana (ya conocida en épocas de Darwin y estudiada por varios naturalistas previos al inglés), junto con la teoría de los alelos, conocidas como leyes de Mendel y las abstracciones matemáticas de Fisher y compañía. Pero ante los cuestionamientos que se pueden hacer a la validez del concepto de selección natural para avanzar en el conocimiento evolutivo, y dado que puede prescindirse de este recurso sin soslayar ningún hecho evolutivo ni evidencia, es posible sugerir la necesidad de considerar una construcción de un marco teórico evolutivo que tenga en cuenta el origen de las variaciones biológicas (teoría de sistemas complejos) y que pueda explicar el surgimiento de saltos evolutivos bajo patrones a descifrar. Los procesos simbiogénicos son evidencia de tales saltos.

El reduccionismo que condujo a estudiar a los seres vivos o aspectos parciales de éstos se debe abandonar ante la nueva noción en que no hay "organismos independientes" ya que los seres vivos se autorganizan mediante intensos intercambios con su entorno que, a su vez, está organizado como un ecosistema dinámico y completamente interrelacionado.

Máximo Sandín plantea una revolución en el sentido estrictamente kuhniano con el desarrollo de una teoría evolutiva que resuelve los dos problemas fundamentales sin solución desde la perspectiva del actual paradigma:

1. Los fenómenos saltacionistas que se observan sistemáticamente en el registro fósil, mediante la integración de secuencias complejas de genes, y
2. El cambio en un número suficiente de individuos que haga posible su interfecundidad. Además, esto explicaría procesos biológicos descritos cuyo funcionamiento encaja difícilmente en la teoría convencional (Sandín, 1997).

Según el modelo evolutivo de integración de sistemas complejos:

[...] el origen y evolución de la vida sería un proceso de integración de sistemas complejos que se autoorganizarían en otros sistemas de nivel mayor. Las unidades básicas serían las bacterias que cuentan con todos los procesos y mecanismos fundamentales de la vida celular, cuyos componentes parecen haberse conservado con muy pocos cambios a lo largo del proceso evolutivo. Los virus, mediante su mecanismo de integración cromosómica, serían los que, bien individualmente, bien mediante combinaciones entre ellos, introducirían las nuevas secuencias responsables del control embrionario de la aparición de nuevos tejidos y órganos, así como de la regulación de su funcionamiento. La capacidad de respuesta de bacterias y virus a estímulos ambientales, justificaría, los inevitablemente rápidos y amplios cambios que muestra el registro fósil obligados por la compleja interrelación de unos tejidos con otros y con el total del organismo. Y su carácter "infectivo" haría posibles estos cambios simultáneamente en un considerable número de individuos. Por otra parte, este carácter infectivo, podría estar implicado en las extinciones masivas y selectivas, muchas coincidentes con períodos de disturbios ambientales, las cuales serían parte del mecanismo del proceso evolutivo. (Sandín, 1997: 14)

La Selección Natural y el azar, sin ningún rol trascendente a nivel evolutivo tendrían un papel secundario.

Sandín plantea una continuidad de los fenómenos físicos de las moléculas, en la que se observan saltos cuánticos, con la organización de los sistemas biológicos. Los procesos integrativos de virus cambian radicalmente los patrones de expresión y generan cambios en estructuras: saltos cuánticos.

Los avances en el estudio de la complejidad confirman que además de la información genética, hay leyes que actúan en la morfogénesis de los organismos. La forma y el patrón se programan en los embriones por los mismos mecanismos. Los patrones de pigmentación observados en los organismos involucran varios fenómenos que implican mecanismos físicos que generan los patrones que pueden analizarse numéricamente. En la emergencia de patrones en la piel de ciertos animales como cebras, jirafas, ocelotes, tigres, leopardos, serpientes o peces, son analizables y reproducibles matemáticamente, con el estudio de sistemas complejos. Se han diseñado patrones, iguales a cada uno de estos animales, mediante un modelado computacional que permite establecer situaciones iniciales y fijar ciertos condicionamientos y restricciones. La aplicación de los conocimientos genéticos, de desarrollo embrionario (evo-devo) y el análisis de patrones de la biomatemática, permite estructurar y comprender mejor los fenómenos involucrados en la emergencia de la diversidad.

Sin importar la especie, ni los genes específicos, plantas y animales generan patrones estructurales básicos y universales que son limitados por las propias posibilidades de las formas, generando patrones similares en especies distantes. Las explicaciones son más cercanas a las necesidades biológicas reales. La generación de esos patrones y la conservación de las estructuras es la manera en que el desarrollo embrionario se mantiene en la evolución.

La autorganización no requiere de un proceso de selección, dado que es la emergencia lo que define *per se* la existencia. Si no, el sistema colapsa. Todo lo posible lo es independientemente de una selección. Además, el proceso de la evolución es esencialmente abrupto, más

que gradual; nuevos tipos de relaciones estructurales emergen en un instante específico. Como hemos visto, el registro fósil muestra la aparición repentina y diversa de estructuras y sistemas en distintos períodos geológicos seguidos por largos lapsos de estasis. En algunos sistemas complejos, cualquier cambio, por mínimo que sea, causa cambios catastróficos en el comportamiento del sistema. Aquí, si existiese tal selección natural, no cumple ningún rol. Como sabemos, las mutaciones, aun cuando pueden tener un sentido, suelen compensarse en la red genética sin sufrir consecuencias notables, por lo que es cuestionable el rol de la selección natural sobre esos fenotipos para que puedan acumularse. En lugar de esto puede ocurrir lo que se llama un “error catástrofe”, bajo la perspectiva de los sistemas complejos. Y en estos casos, una población en adaptación acumula una sucesión de catástrofes menores más que una sucesión de mejoras menores (Pérez Martínez, 2005).

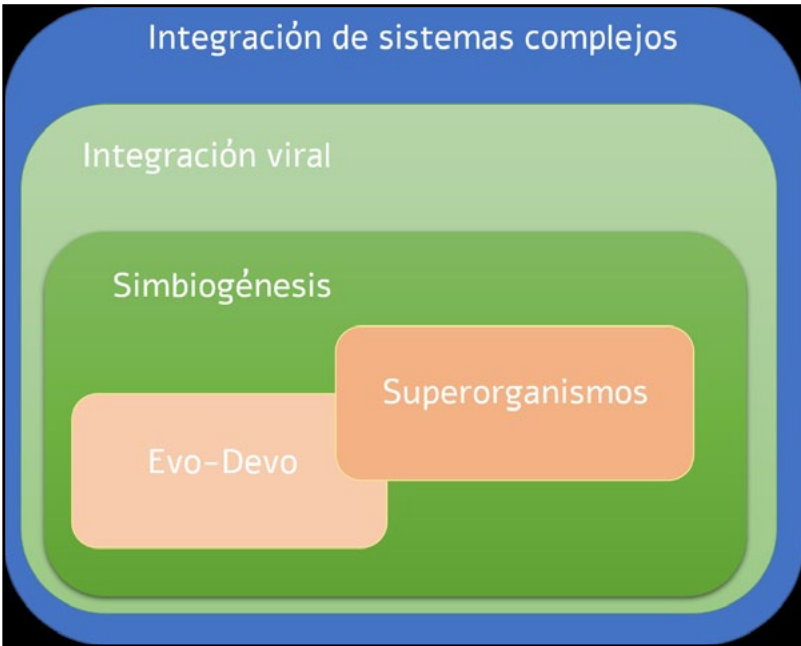
Hay grandes avances en la reinterpretación de los hechos. Los avances en embriología y teorías de sistemas complejos comienzan a delinear un marco teórico necesario y válido para responder a las preguntas centrales, que aun después de Lamarck y Darwin están sin respuesta: ¿Cómo ocurren los cambios y saltos evolutivos? ¿Qué genera la variedad biológica? ¿Cuáles son las leyes detrás de la emergencia de patrones evolutivos?

Estos procesos integrativos también pueden observarse en el ser humano actual. Por ejemplo, el sistema inmunitario es la interfaz evolutiva que se construyó en una retroalimentación continua con los organismos y el ambiente. Se ha observado también en ensayos con ratones sin microorganismos (ratones sin microbioma) que tienen un sistema inmunitario subdesarrollado, tasas metabólicas más bajas y tiempos de digestión más largos que los que tienen un microbioma normal. Muchos estudios han confirmado que las alteraciones de este microbioma afectan la salud humana y se asocian a diversas enfermedades. Microbioma y el huésped humano han coevolucionado y se encuentran integrados. La teoría del hologenoma considera que un

organismo y todos sus microorganismos simbióticos, incluidos parásitos, mutualistas, sinergistas y amensalistas, forman una unidad llamada holobionte. El holobionte es el resultado de convivencia y simbiosis de diferentes organismos. Entre ellos podemos incluir el viroma, es decir, todos los virus que son parte integral de este “superorganismo”.

En este sentido, puede considerarse un resultado del proceso conocido como simbiopoesis, postulado por distintos autores entre ellos Lynn Margulis, ya que muchas de las capacidades de un organismo son compensadas por otros, conformando una interdependencia. El sistema complejo que constituye cada metazoo es el resultado de la integración de sistemas y la asociación entre seres vivos que implica una unión fisiológica y, finalmente, integración genética.

En resumen, integración viral, simbiogénesis (superorganismos, célula eucariota, etc.) y los procesos analizados por el evo-devo, constituyen integraciones de sistemas complejos. Cada área contribuye a comprender el fenómeno evolutivo y el análisis bajo la perspectiva de los sistemas complejos puede reunirlos y comenzar a desentrañar las leyes que subyacen a estos mecanismos.



Teorías complementarias que confluyen para definir un marco teórico de la evolución biológica

Los procesos de integración son la constante en la evolución. Nuestros genomas están constituidos por genes bacterianos y virales. Los virus se integran ante cambios organismo-ambiente o reorganizan redes complejas de regulación. La integración de microorganismos generó la célula eucariota y los procesos integrativos se observan en los superorganismos en los que viven en simbiosis diferentes especies. Se generan patrones que emergen en el desarrollo de los organismos, campo de estudio del evo-devo.

La naturaleza del universo es de carácter complejo y las aproximaciones deterministas, mecanicistas y reduccionistas, propias de la ciencia clásica, son insuficientes para describir este tipo de naturaleza. A partir de las investigaciones de Kauffman o Prigogine se puede construir el marco teórico necesario para comprender el proceso evolutivo. La obra de Lamarck, fundante en el tema evolutivo, que no se publica ni se estudia en muchas escuelas y universidades, además

de todos los aportes de Margulis (y predecesores) que se basan en hechos comprobados y constituyen un marco teórico fundamental y revolucionario para la comprensión del proceso evolutivo aún no forman la base científica para la mayoría de los evolucionistas. Pero están allí, conformando el bagaje de conocimientos que impulsa la investigación evolutiva. Los aportes de estos campos teóricos sobre sistemas complejos no son el centro del estudio y la interpretación de la evolución biológica, pero sí constituyen un campo en expansión que permite avanzar firmemente para explicar el proceso evolutivo y que ya son estudiados por numerosos grupos de investigación.

La vida no está localizada en sus partes, sino en las propiedades colectivas emergentes del todo que ellas crean, y sus componentes son exclusivamente partes físicas, sin fuerzas externas, sin coerción, sin selección. Los problemas que presenta la selección natural son de dos grandes tipos, primero, la imposibilidad de crear orden, lo que vuelve improbable la existencia de la vida y su evolución, situación que la desecha como hipótesis y, segundo, porque el gradualismo que se sostiene en la premisa de “azar + selección” no se condice con los hechos y conocimientos posteriores a Darwin, las mutaciones son deletéreas en su mayoría y, en el campo de la complejidad, son causa de los llamados “errores catástrofe” que desencadenan el colapso del sistema, no su evolución, no la emergencia de nuevas estructuras y propiedades.

Contamos ahora con la perspectiva histórica y las evidencias que reúnen varias teorías que se encuentran y coinciden en cuanto a sus premisas, contribuyendo claridad al fenómeno evolutivo. El aporte de Kauffman, con su autorganización y autocatálisis, se suma a la autopoiesis de Maturana y Varela, quienes demostraron la evolución intrínseca de los sistemas biológicos. Por su parte, Lynn Margulis provee las evidencias de los procesos integrativos que generan propiedades emergentes. Tanto en las células procariotas como eucariotas es posible identificar los procesos integrativos y rearrreglos genéticos en los que se involucran los virus. La vida, intrínsecamente,

evoluciona sin necesidad de vitalismo, sin necesidad de factores exógenos; la vida es una propiedad emergente con saltos del caos al orden en un sistema permanentemente en evolución.

Estos son algunas de las acciones que pueden ponerse en marcha para comprender mejor la historia y la situación de la biología. Valorar la enorme contribución de los naturalistas relegados y cuyos postulados toman vigencia a la luz de investigaciones actuales. Evitar el dogmatismo y las verdades reveladas, para adentrarnos nuevamente en descubrir la complejidad de la naturaleza y su evolución, desprendidos de ideologías económicas. Apoyar la investigación biológica con avanzados conocimientos de otras disciplinas científicas que puedan contribuir a crear una teoría evolutiva. Se trata, de alguna manera, de traer de nuevo a la biología al camino de la ciencia.

Bibliografía

- Abdalla, M. (2006). *La crisis latente del darwinismo*. Asclepio.
- Abdalla, M. (2010). *Darwin, el sapo y la charca*. Ed. Crimentales.
- Agudelo Murguía, G. (2009). “¿Es el darwinismo una religión?” en Abdalla, M. Agudelo, G, Sandín *Darwin, el sapo y la charca*. M. Ed. Crimentales.
- Alexander, S. (1920). *Space, Time, and Deity*, 2 vols. Macmillan.
- Barton, R. (1998). Huxley, Lubbock, and Half a Dozen Others: Professionals and Gentlemen in the Formation of the X Club, 1851–1864. *Isis*, Vol. 89, nº 3.
- Bequemont, D. (2011). Social Darwinism: from reality to myth and from myth to reality. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Science*. 42:12-19.
- Brandon Jones, C. (1997). Edward Blyth, Charles Darwin, and the Animal Trade in Nineteenth-Century India and Britain. *Journal of the History of Biology* 30: 145–178, 1997.
- Brandon Jones, C. (1997). Edward Blyth, Charles Darwin, and the Animal Trade in Nineteenth-Century India and Britain. *Journal of the History of Biology* 30: 145–178.
- Buchanan A, Sholtis S, Richtsmeier J, Weiss KM. (2009). What are genes ‘for’ or where are traits ‘from’? What is the question? *Bioessays*; 31(2): 198–208.
- Buffon, Georges-Louis Leclerc, comte de. (1753). *Histoire naturelle, générale et particuliere, avec la description du cabinet du roy*. De l’Imprimerie Royale.

- Buffon, George Louis Leclerc, conde de 8, 17, 28, 29, 31, 52e. (1798). *Historia natural, general y particular*. Trad.: Clavijo y Fajardo. Joachin Ibarra (Original de 1753).
- Caballero, L. (2008). *La búsqueda del comienzo. El pensamiento complejo en biología*. IFUNAM. Universidad Autónoma de la Ciudad de México.
- Caballero, L. (2008). *La búsqueda del comienzo. El pensamiento complejo en biología*. IFUNAM.
- Cervantes, E. (2012). *Charles Darwin, o el origen de la máquina incapaz de distinguir*. Digital CSIC. <http://digital.csic.es/handle/10261/35958>.
- Darwin, C. (1859). *El origen de las especies (Del origen de las especies por medio de la Selección Natural, o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida)*. Ediciones Libertador, Centro Editor de Cultura, 2003.
- Darwin, C. (1866). *Carta a Wallace*. <https://www.darwinproject.ac.uk/letter/?docId=letters/DCP-LETT-4989.xml>
- Darwin, C. (1866). *Del origen de las especies por medio de la Selección Natural, o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida*. 4ta. edición.
- Darwin, C. (1866). *Del origen de las especies por medio de la Selección Natural, o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida*. 4ta. edición.
- Darwin, C. (1871). *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex. El Origen del Hombre*. Ediciones Petronio.
- Darwin, C. (1880) Sir Wyville Thomson and natural selection. *Nature*, 23:32.

- Darwin, C. (1993) *Autobiography of Charles Darwin*. Alianza Cien, (Original de 1887).
- Darwin, C. (2003). *El origen de las especies (Del origen de las especies por medio de la Selección Natural, o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida)*. Ediciones Libertador, Centro Editor de Cultura (Original de 1859).
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *American Biology Teacher*, 35. <http://people.delphiforums.com/lordorman/light.htm>.
- Douglas, M. (1996). *Cómo piensan las instituciones*. Alianza Editorial.
- Eldredge, N. y Gould, S.J. (1977). "Punctuated Equilibria: The Tempo and Mode of Evolution Reconsidered". *Paleobiology*, 3(2): 115-151.
- Galera, A. (2002). Modelos evolutivos predarwinistas. *Arbor*, 73(677):1-16.
- Galton, F. (1883). *Inquiries into Human Faculty and its Development*. Macmillan.
- Gautier, E. (1880). *Le Darwinisme social*. Derveaux.
- Goodwin, B. (1994). *How the Leopard change its spots. The evolution of complexity*. Princeton University Press.
- Goodwin, W. (1793). *The inquiry concerning political justice and its influence on general virtue and happiness*. G.G.J. and J. Robinson.

- Goodwin, W. (1964). *On population. An enquiry concerning the power of increase in the number of mankind, being an Answer to Mr. Malthus Essay on this subject.* A.M. Kelley. (Original de 1820).
- Gould S. (2002). Natural Selection as a Creative Force. En: Harvard University Press. *The Structure of Evolutionary Theory* (137-141). Harvard University Press. http://www.stephenjaygould.org/library/gould_selection.html
- Gould S. (2002). *Natural Selection as a Creative Force.* In: *The Structure of Evolutionary Theory.* Harvard University Press. http://www.stephenjaygould.org/library/gould_selection.html
- Gould, S. (1981). Evolution as Fact and Theory. *Discover*, 2(5):34-37.
- Gould, S.J. y Lewontin, R. C. (1979). The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm: A critique of the adaptationist programme. *Proceedings Of The Royal Society of London, Series B*, 205 (1161): 581-598.
- Gregory, T. (2009). Understanding natural selection: Essential concepts and common misconceptions. *Evo Edu Outreach*, 2: 156-275.
- Gupta, R.S. (2000). The natural evolutionary relationships among prokaryotes. *Critical Reviews in Microbiology* 26: 111-131.
- Habermas, J. (1986). *Technik und Wissenschaft als Ideologie [1969]* *Ciencia y técnica como ideología.* Tecnos. (Original de 1969).
- Himmelfarb, G. (1962). *Darwin and the Darwinian Revolution.* Norton.

- Iglesias-Jiménez, E. (2011). *Pierre Trémaux ("In Memoriam"). Biography and evolutionary theory*. Digital CSIC. http://digital.csic.es/simple-search?query=iglesias-jimenez+&sort_by=o&order=DESC&rpp=10&etal=o&start=10.
- Iglesias-Jiménez, E. (2008). *Pierre Trémaux allopatric speciation, punctuated equilibrium, Nash's equilibrium*. Yo evoluciono. <http://yoevoluciono.com/2008/07/28/la-ciencia-tiene-una-deuda-que-saldar-con-pierre-tremaux/>
- Janick, J. (1989). Gregor Mendel. p., en *Classic Papers in Horticultural Science*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ
- Kauffman, S.A. (1993). *The Origins of Order: Self-organization and Selection in Evolution*. Oxford University Press.
- Kim, J.; Yu, C.; Bailey, A.; Hardison, R. y Shen, C. (1989). Unique sequence organization and erythroid cell-specific nuclear factor-binding of mammalian theta-1 globin promoters. *Nucleic Acids Res*, 17 (14): 5687-5700.
- Lamarck, J.B. de M. (1986) *Filosofía zoológica*. Alta Fulla. (Edición original de 1809).
- Lewin, R. (1992). *Complexity: Life at the edge of Chaos*. Mac-Millan, Tusquets.
- Lewontin R.C. (1979). Sociobiology as an adaptationist program. *Behavioural Science* 24(1):5-14.
- Mallet F, Bouton O, Prud'homme S, Cheynet V, Oriol G, Bonnaud B, Lucotte G, Duret L Mandrand B. (2004). The endogenous retroviral locus ERVWE1 is a bona fide gene involved in hominoid placental physiology. *PNAS*. 101(6):1731-1736.

- Marcuse, H. (1993). *El hombre unidimensional*. Editorial Planeta, SAIC. (Original de 1964).
- Margulis, L; Sagan, D. (2001). Marvellous microbes. *Resurgence* 206: 10–12.
- Margulis, L; Sagan, D. (2003). *Captando genomas: una teoría sobre el origen de las especies*. Kairós.
- Marx, K. (1866). Carta a Engels.
- Marx, K. (2010). *El Capital. Crítica de la economía política*. Fondo de Cultura Económica. (Original de 1867).
- Marx, K. (2008). *Manifiesto del Partido Comunista*. Centro Editor de Cultura, (Original de 1848).
- Maturana H, Varela F. (1999). *The tree of knowledge. The biological basis of human knowledge*. (3ª Ed.) Debate.
- Maturana H. y Mpodozis, (1999). El origen de las especies por medio de la deriva natural. *Rev. chil. Hist. Nat.*, 73:2.
- Maynard Smith, J. y Szathmary, E. (2009). *Origins of life. From the birth of life to the origins of language*. Oxford.
- Mayr, E. (1966). *Animal Species and Evolution*. Harvard Univ. Press.
- Mendel, G. (1865). Experiments on plant hybrids. (Versuche uber Pflanzen-Hybriden). *Verhandlungen des naturforschenden den Vereines in Brunn* 4:3-47.
- Mendel, G. (1865). Experiments on plant hybrids. *Verhandlungen des naturforschenden den Vereines in Brunn* 4:3-47.

- Miramontes y Gutiérrez. (2002). El origen de las formas vivas, de Geoffroy Saint-Hilaire a D'Arcy Thompson. En Sánchez Garduño, F., P. Miramontes y J. L. Gutiérrez (coords.), *Clásicos de la biología matemática*. (47-66). CEIICH-UNAM-Siglo XXI
- Moore, G. (2005). *Dealing with Darwin: How Great Companies Innovate at Every Phase of Their Evolution*.
- Paley, William (1802). *Teología natural; o Evidencias de la existencia y atributos de la Deidad*. <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=A142&viewtype=text&pageseq=1>
- Pérez Martínez, A. (2005). *La obra de Stuart Kauffman. Aportaciones a la biología del siglo XXI e implicaciones filosóficas*. Universidad Complutense de Madrid.
- Peters, (1976). Tautology in Evolution and Ecology. *The American Naturalist*, 110 (971): 1-12.
- Ridley, M. (1993). *Evolution*. Blackwell Science.
- Salvucci, E. (2012). El secuestro de la Biología y la crisis del Paradigma. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*, <<http://www.revistacts.net>>. Acceso en: 9 noviembre 2022.
- Salvucci, E. (2012). Selfishness, warfare and economics; or integration, cooperation and biology. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2(54):1-12.
- Salvucci, E. (2018). *Micro, macro y super. Los Organismos en red*. Autoedición.

- Sánchez García, R. (2007). El anarquismo individualista de William Godwin. *Germinal*, 4.
- Sandín, M. (1997). Teoría sintética: Crisis y revolución. *Arbor*, (48:623-624). CSIC.
- Sandín, M. (2000). Sobre una redundancia: El darwinismo social. *Asclepio* 52(2). CSIC.
- Sandín, M. (2002). Hacia una nueva biología. *Arbor*, 172 (677):167-218.
- Sandín, M. (2002). Lamarck y la venganza del imperio.
- Sandín, M. (2002). Una nueva biología para una nueva sociedad. *Política y Sociedad*, (3): 537-573.
- Sandín, M. (2003). Las sorpresas del genoma. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. (Sección Biología). 96(3-4):345-352.
- Sedgwick, A. (1859). Carta a Darwin. <https://www.darwinproject.ac.uk/letter/DCP-LETT-2548.xml>
- Selección Natural. (29 de noviembre de 2015). En Wikipedia. http://es.wikipedia.org/wiki/Selecci%C3%B3n_natural
- Torres Carral, G. (2010). Capitalismo tardío, modernización y desarrollo sustentable, *Pecarina del Sur*. <http://www.pacarinadelsur.com>
- Trémaux, P. (1865) Origin et transformations de l'homme et des autres êtres. gallica.bnf.fr tiene digitalizado los dos libros fundamentales de Trémaux:

- “Origine des espèces et de l’homme, avec les causes de fixité et de transformation; et Principe universel du mouvement...” (1874) <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k82758b/f12.image>

- “Origine et transformations de l’homme et des autres êtres. (Paris, 1865) <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9688216h/f9.image>

Tristem M. (2000). Identification and characterization of novel human endogenous retrovirus families by phylogenetic screening of the human genome mapping project database. *J. Virol.*, 74: 3715 - 3730.

Vallejo, F. (1998). *La tautología darwinista y otros ensayos de biología*. Taurus.

Weber, Max. 2003. *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*. Fondo de Cultura Económica, (Original de 1905).

Wilson, (1970). *Sociobiología. La nueva síntesis*. Omega.

Índice analítico

ADN 65, 114, 115, 117, 118, 128

Agassiz, Louis 36

aislamiento edáfico y especiación 49, 56

anatomía comparada 14, 29, 132

autoorganización 18, 24, 120, 125, 141, 145, 148, 152

autopoiesis 25, 121, 123, 138, 152

azar 23, 25, 67, 77, 88, 115, 117, 123, 143, 147

bacterias 85, 87, 112, 116, 118, 119, 126, 137, 147

biología mercantilizada 100

Blyth, Edward 38, 40, 42

Bourdieu, Pierre 35, 107, 108, 111

Buffon, George Louis Leclerc, conde de 8, 17, 28, 29, 31, 52

Caballero, Lorena 32, 33, 34, 130, 136, 140

campo científico 107

capitalismo 8, 91, 103

caracteres adquiridos 19, 20, 36, 42, 85

club X 95, 107

criterio de demarcación 81

Cuvier, Georges 16, 31, 32, 36, 137

Darwin, Charles 13, 14, 21, 23, 26, 30, 32, 36, 35, 55-61, 63- 68, 72-78, 83, 84, 87-97, 134, 135, 136, 148, 149, 152

darwinismo 13, 14, 15, 27, 32, 42, 54,57, 60, 61, 64, 65, 80, 83, 89, 92, 98-109, 112, 116, 117, 139

darwinismo social 104-107

diseño inteligente 44

Dobzhansky, Theodosius 64, 66-70

Dobzhansky, Theodosius 64, 66-70

el origen, de Darwin 13, 19, 26, 36, 39, 48, 50, 52, 57, 58, 60, 62, 66, 76, 92, 93, 109, 116

el origen, de Trémaux 49-52

Eldredge, Niles 49, 54-56

embriología 32, 33, 125, 130, 132, 133, 149

Engels, Friedrich 53

epigenética 21, 25, 85, 128, 129

equilibrio, de Trémaux 54-57

equilibrio puntuado 49, 54, 56

especie / especiación 36, 50, 51, 56, 136

Étienne Serres 133

eugenesia 98, 99, 106

evo devo 33, 130-132, 135, 148, 150, 151

evolución biológica 13-16, 26, 28, 33, 64, 103, 109, 126, 151, 152

fijismo 24, 46, 94, 132, 135

filosofía zoológica 16, 17, 19, 21, 24, 27

Galton, Sir Francis 98

genes hox 119

Ginóbili, Santiago 73-77

Godwin, William 91

Gould, Stephen Jay 42, 49, 52, 55, 57, 82, 83, 88, 131

gradualismo 45, 54, 55, 57, 71

Grant, Robert 34-36

Habermas, Jürgen 104, 105

Haeckel, Ernst 131, 133

Himmelfarb, Gertrude 93

hologenoma y holobionte 149, 150

Huxley, Thomas 71, 73, 91, 94, 96

integración 89, 110, 118, 120, 121, 130, 134, 137, 138, 147, 150, 151

intuscepción 25

Jimenez-Iglesias, Emeterio 49, 51, 55, 58-60

Kauffmann, Stuart 122, 143, 144-147, 151, 152

Kozo-Polyansky, Boris Mihailovich 117

Kropotkin, Piotr 115

Kuhn, Thomas 124, 156

laissez faire 93

Lamarck 16-32, 34-36, 38, 42, 51-53, 57, 72, 84, 107, 120, 123, 149, 151

Lawrence, William 41, 42

Lewontin, Richard 72, 100, 101, 110, 131

ley de población, de Malthus 90

Malthus, Thomas 75, 90, 91, 92, 106

Margulis, Lynn 65, 109, 110, 113, 114, 116-120, 122, 142, 150, 152

Marx, Karl 53, 54, 103

Matthew, Patrick 42

Maturana, Humberto 121-123, 138, 152

Mendel, Gregor 58-61, 128, 137, 156

mercado 9, 90, 93, 98, 99, 105, 106

Merezhkovski, Konstantín 113, 116

microbioma 149

milieu 18, 24

Murchinson, Roderick 34

Napoleón 16, 27, 28, 34

neodarwinismo 60, 63, 79, 101, 146

Newton, Isaac 18, 28, 82

Owen, Richard 36, 37, 42, 70

Paley, William 44, 45

paradigma 14, 54, 72, 82, 83, 105, 108, 109, 111, 112, 115, 124, 131, 138, 143, 146

Peters, Robert 81

Popper, Karl 81, 83

Prichard, James Cowles 41, 42

Prigogine, Ilya 142, 143, 151

propiedad emergente, emergentismo 121, 125, 126, 135, 141, 152

registro fósil 14, 37, 45, 48, 52, 54, 71, 76, 132, 147, 149

retrotransposones 128, 130

retrovirus 128, 130

Royal Society 39, 41, 59, 60, 87, 94, 95, 107

Saint Hilaire, Geoffroy 20,30, 31-34, 3752, 132, 137

Sandín, Máximo 27, 73, 92, 93, 146, 147, 148

scala naturae 29

Sedwick, Adam 72

selección natural 13, 20, 21,26, 34, 38, 40, 41, 43- 47, 53, 57, 61-88, 92, 93, 98, 101, 106, 109, 114, 116, 122, 130, 133, 134, 137, 144-147, 149, 152

simbiogénesis 21, 76, 110, 112,113-119, 137, 150

simbiosis y el origen de las especies 113, 114, 115, 116, 123, 142, 150, 151

sistemas complejos 112, 120, 121, 123, 125, 126, 128,132, 135, 139-142, 145-152

Smith, Adam 92, 93, 106

sociobiología 100, 102, 110

Spencer, Herbert 67, 92, 96, 106

superorganismo 141, 150, 151

tautología 75, 77, 80, 81, 83

teleología 21, 69

teología natural 23, 44, 90

transferencia horizontal de genes 88, 115, 126, 127, 128

transformismo 19, 24, 34, 35, 52

uso y desuso de los órganos 20, 21, 36, 84

Varela, Francisco 25, 123, 138, 152

virus 88, 100, 112, 113, 114, 118, 119, 128, 130, 137, 147, 148-152

von Baer, Karl Ernst 70, 131, 133

von Bertalanffy, Ludwig 125, 139

Waddington, Conrad Hal 129, 131

Wallace, Alfred Russel 42, 43, 60, 66, 70

Wallin, Ivan 113, 116, 117

Weber, Max 104