

LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA ACTUALIDAD Y DEBATES

DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED



Ministerio de
Educación
Presidencia de la Nación



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura

PRESIDENTA DE LA NACION
Cristina FERNÁNDEZ DE KIRCHNER

MINISTRO DE EDUCACIÓN
Alberto SILEONI

SECRETARIA DE EDUCACIÓN
María Inés ABRILE de VOLLMER

SECRETARIO DEL CONSEJO FEDERAL DE EDUCACIÓN
Domingo DE CARA

SECRETARIO DE POLÍTICAS UNIVERSITARIAS
Alberto DIBBERN

SUBSECRETARIO DE PLANEAMIENTO EDUCATIVO
Eduardo ARAGUNDI

SUBSECRETARIA DE EQUIDAD Y CALIDAD
Mara BRAWER

INSTITUTO NACIONAL DE FORMACIÓN DOCENTE
Graciela LOMBARDI

DIRECCIÓN NACIONAL DE FORMACIÓN DOCENTE E INVESTIGACIÓN
Andrea MOLINARI

COORDINADORA DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA DEL INFED
Ana PEREYRA

PRESENTACIÓN

Durante el año 2010 en el Instituto Nacional de Formación Docente se desarrolló la primera etapa del dispositivo Escritura en Ciencias que contó con la participación de profesores de institutos de formación docente de las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, La Pampa, La Rioja, Neuquén, Salta, San Luis, Santa Cruz, Santa Fe, Santiago del Estero, Tierra del Fuego y Tucumán.

Inspirada en un programa del Sector Educación de la Oficina de UNESCO, Montevideo denominada *Docentes Aprendiendo en Red*, la propuesta de Escritura en Ciencias conforma una experiencia innovadora en nuestro país, reuniendo a 30 profesores de diferentes provincias que, a través de un trabajo grupal, llevan a cabo la escritura de 6 textos sobre contenidos de problemáticas actuales de las ciencias naturales.

Esta experiencia se desarrolló a lo largo de un año mediante un dispositivo semipresencial, en el cual los grupos de estudio se reúnen periódicamente orientados por coordinadores de escritura y asesorados por destacados investigadores de nuestro país, estudian e investigan sobre los temas. Los profesores llevan adelante un proceso de elaboración de los textos, mediante un uso intensivo de aula virtual realizando intercambios muy activos que tienen como meta específica producir libros sobre temas científicos, en un ejercicio de trabajo colaborativo.

Escritura en Ciencias pretende inscribirse dentro de las tendencias actuales de los dispositivos de formación docente, desplegando un *trayecto de formación* donde se implica la experiencia y la práctica de los participantes, en un proceso conjunto de construcción de conocimiento. Desde esta propuesta se asume que escribir profesionalmente es una práctica y un aprendizaje continuo, que supone un arduo trabajo, que se pone en juego en diferentes contextos sociales, y por eso, frente a cada nueva situación es preciso 'reaprender' las maneras de escribir propias del texto o disciplina que lo demanda.

El desarrollo actual de políticas de formación marca un tiempo de transición y de cambios que empiezan a modificar las lógicas de formación de los docentes. La característica de este dispositivo de Escritura en Ciencias traduce algunas de las propuestas actuales de formación en investigación, tomando en cuenta un conjunto

de variables que contribuyen a la formación sostenida de los profesores.

Es sabido que la escritura académica constituye un aspecto relevante de este proceso. Cuando se investiga, la escritura interviene de diferentes maneras y son variados los modos en que se requiere su uso: escribir planes de escritura, sintetizar lecturas, tomar notas, desarrollar ideas y conceptos, articular discusiones teóricas, son algunas de las muchas operaciones que se activan para la elaboración de un texto. Estas cuestiones se enlazan solidaria y necesariamente dentro del proceso que demanda la tarea y la producción intelectual. El trabajo alcanza otro nivel de complejidad cuando se asocia a un proceso de construcción colectiva, el cual supone algunas condiciones inexcusables para su realización:

- Los trayectos formativos, posibilidad de continuidad y persistencia sobre el trabajo propios y el de otros

Sabemos que durante mucho tiempo en la Argentina los espacios de formación se caracterizaron en propuestas a los docentes para que llevaran por su cuenta la aplicación de grandes principios o cuerpos teóricos que se desplegaban en esos espacios. Algunos rasgos predominantes de esta formación que marcaron todo un estilo de capacitación se reconoce en el predominio del formato 'curso' y la capacitación en cascada que, por efecto derrame, debía llegar desde un centro que se encuentra arriba hacia el lugar más lejano, por lo general, el espacio del aula.

Los problemas fundamentales que conllevan esas lógicas son la intermitencia, la fragmentación y superposición de perspectivas que en no pocos casos dificultan la aplicación que los docentes intentan hacer con las propuestas teóricas. Hay suficiente literatura sobre estas cuestiones y sus consecuencias, entre las más relevantes, la escasa huella que esas modalidades han dejado para las posibilidades de un trabajo enriquecedor con las prácticas docentes.

La idea de *Trayecto formativo* se torna superadora de algunas tradiciones asentadas en la realización de un curso. Posibilita el cumplimiento de procesos formativos y transcurre en una temporalidad de continuidad que permite a los protagonistas ser hacedores de una tarea o producción junto a otros.

- Énfasis en las necesidades prácticas de los docentes en los programas de formación

Paulatinamente se intenta poner en foco ‘las necesidades prácticas’ de los docentes como centro de los programas de formación en servicio. Esta tendencia muestra un movimiento opuesto a aquellas que se presentan alejadas de esas necesidades y que sobredimensionan aspectos teóricos con escaso vínculo con la producción durante la oferta de formación.

En esta propuesta, la práctica de la escritura se coloca en el centro, concebida más que como una *macrohabilidad* que hay que dominar, como una herramienta al servicio del pensamiento epistémico, que trabaja en la adecuación y reorganización de géneros discursivos primarios, para expresar saberes y conocimientos, en *géneros secundarios pertinentes* a situaciones comunicativas con otro nivel de complejidad. Argumentar, explicar, describir, ejemplificar, manejar el discurso de autoridad, referir a fuentes, de manera directa o indirecta, incluir y presentar una evidencia empírica son algunas de las operaciones específicas de este tipo de escritura. Constituyen estrategias puntuales que requieren aprendizaje, reflexión y desarrollo autónomo.

Escritura en Ciencias se convierte en un espacio y oportunidad para que los profesores puedan desarrollar la práctica de la escritura ligada a contextos muy específicos del campo científico.

- Los docentes son sujetos de saber y corresponsables de los procesos de formación

Las posiciones llamadas *aplicacionistas*, que conciben a los profesores como prácticos, ejecutores de algún tipo de teoría, les otorgan un lugar subsidiario y subalterno que termina invisibilizando capacidades y alternativas de un trabajo más creativo vinculado con el conocimiento.

Un presupuesto que se encuentra en la base de las nuevas propuestas, además de verificar la ineficacia de las que hemos mencionado, es la idea de que los docentes son sujetos de saber y corresponsables de los procesos de formación. Y este reconocimiento no es menor y constituye una pieza clave para comprender el sentido de las políticas actuales de formación docente.

La idea que los profesores pueden constituirse en autores de textos que abonen espacios formativos implica un cambio de su estatuto en la manera de concebir su trabajo. Esta es una nota distintiva del proyecto de Escritura en Ciencias y uno de los propósitos fundamentales. Este cambio de estatuto sobre su trabajo conlleva también la idea de la corresponsabilidad en sus procesos de producción y formación.

- El desarrollo de la práctica de escribir a lo largo de todo un proceso de formación

Si bien existe consenso sobre la puesta en foco de las necesidades prácticas de los docentes, es preciso tener en cuenta que este deseo presenta una serie de matices a la hora de traducirlo a propuestas concretas para la formación continua. Las propuestas de formación continua requieren para el desarrollo profesional atender a cuestiones de ¿Cómo hacer aparecer la tarea y la realización de una producción a lo largo de todo un proceso de formación que, sin desestimar cuestiones teóricas, ponga especial énfasis en las maneras prácticas de resolverlo?

Inspirado en esas ideas precedentes, Escritura en Ciencias concibe a la producción de los textos como el hilo articulador y conductor de todo el proceso del trayecto formativo. Todos los otros elementos del dispositivo colaboran a modo de andamiaje para que cada producción pueda ser elaborada.

- El desafío de encontrar los mecanismos institucionales para que los docentes se constituyan en fuerza renovadora de las prácticas.

Existen numerosas propuestas de formación de modalidades presenciales o semi presenciales donde los docentes cuentan con tutorías y diferentes andamiajes que colaboran como sostén y apoyatura durante todo el proceso para favorecer la producción. Pero, como sostiene Flavia Terigi, constituye todo un desafío “encontrar los mecanismos institucionales para que esos docentes se constituyan en una fuerza renovadora de las prácticas”.

En esta propuesta, el reto se resuelve mediante un trabajo de articulación entre investigadores con los grupos de trabajo y las intervenciones de los orientadores de escritura, que entraman en un andamiaje artesanal que procura leer y atender todo el tiempo a las necesidades de construcción que plantean los equipos de profesores. Esta actividad propone la idea de una estructura abierta y dinámica que se rearma continuamente, sin desestimar los propósitos y objetivos generales de esta línea de trabajo. Se trata de dispositivos que operan con otra temporalidad y que a simple vista, se tornan más costosos económicamente. No obstante, esta aparente “lentitud” que acompaña intercambios muy activos, es la que genera condiciones para horadar y dejar huella perdurable y transformadora en las experiencias profesionales de los docentes.

- Las producciones combinan procesos investigativos y formativos

La confluencia entre investigadores, docentes y coordinadores de escritura reunidos en este dispositivo del INFD implica una apuesta por superar la escisión entre investigación y formación docente que ha caracterizado durante muchos años los modelos de la formación pedagógica. El vínculo de cooperación y acompañamiento a las producciones entre los distintos perfiles involucrados en el dispositivo de la primera edición, superó con creces las expectativas iniciales del equipo del INFD que generó el dispositivo.

Las producciones que se presentan a continuación expresan la potencialidad de un modelo hermenéutico de la formación docente frente a las limitaciones de concepciones aplicacioncitas o academicistas.

Los textos abordan los siguientes temas:

- 1- Los plaguicidas, aquí y ahora
- 2- H₂O en estado vulnerable
- 3- Del gen a la proteína
- 4- La multiplicidad de la vida
- 5- Cerebro y memoria
- 6- La evolución biológica, actualidad y debates

Escritura en Ciencias trabaja por el desarrollo de la escritura profesional de los docentes sobre la convicción de que los profesores convocados manifiestan su capacidad para constituirse en autores de textos escritos vinculados con las ciencias, destinados a la consulta y estudio en las aulas de la formación.

Es nuestro deseo que estos textos producidos al calor de estos fecundos procesos de intercambios sean de ayuda y consulta permanente para profesores y estudiantes de Institutos y escuelas de nuestro país.

Ana Pereyra, Coordinadora del Área de Investigación del INFD
Liliana Calderón, Coordinación de Escritura en Ciencias, INFD

ESCRITURA EN CIENCIAS

LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA, ACTUALIDAD Y DEBATES

Autores:

Abel Oscar Marchisio
Humberto Daniel Devesa
Cecilia Celeste Rosso
Fernando Sica

- Orientación y asesoramiento científico: Esteban Hasson
- Coordinación de Escritura: Alicia Vázquez

La evolución biológica, actualidad y debates / Abel Marchisio ... [et.al.]. - 1a ed. - Buenos Aires : Ministerio de Educación de la Nación, 2012.

148 p. : il. ; 16x20 cm. - (Escritura en ciencias)

ISBN 978-950-00-0927-0

1. Ciencias Naturales.Enseñanza. I. Abel Marchisio
CDD 507

Autores: Abel Oscar Marchisio, Humberto Daniel Devesa, Cecilia Celeste Rosso, Fernando Sica

Coordinación general: Ana Pereyra, Liliana Calderón

Revisión general del contenido: Antonio Gutierrez

Colaboración: Gabriela Giordano, Renata Colella

Profesores-coordinadores de escritura: Alicia Vázquez

Orientación y asesoramiento científico: Esteban Hasson

Diseño editorial: Renata Kándico, Gaston Genovese www.estudiolate.org

Hecho el depósito que establece la ley 11.723

“Los textos de este libro son copyleft. El autor y el editor autorizan la copia, distribución y citado de los mismos en cualquier medio y formato, siempre y cuando sea sin fines de lucro, el autor sea reconocido como tal, se cite la presente edición como fuente original, y se informe al autor. La reproducción de los textos con fines comerciales queda expresamente prohibida sin el permiso expreso del editor. Toda obra o edición que utilice estos textos, con o sin fines de lucro, deberá conceder estos derechos expresamente mediante la inclusión de la presente cláusula copyleft.”

Fecha de catalogación: 06/03/2012

ÍNDICE

Introducción	18
--------------------	----

Capítulo I: Darwin y el surgimiento de una teoría sobre la

evolución de la vida - Fernando Sica	21
El contexto del darwinismo	21
Lamarck y Darwin, no tan diferentes	22
El legado de Darwin	24
Darwin y Wallace	25
Las piezas de El Origen	26
Una lucha con matices	28
El maravilloso Capítulo Cuatro	29
El resto de El Origen	33
La selección natural según Wallace	34
Las reacciones inmediatas	35
Un lugar en la Ciencia de todos los tiempos	38

Capítulo II: El camino hacia la Gran Síntesis y las controversias actuales 41

Fernando Sica

Luego de Darwin	41
Pangénesis	42
Evolucionando: ¿hacia dónde?	44
El hiperseleccionismo de Weissman	45
Los biómetras	46
La evolución se reencuentra con la naturaleza	50
La Síntesis, un nuevo paradigma	52
Una síntesis de La Síntesis	54
Los desconcertantes pinzones	55
Lo esencial es invisible a los ojos... y al fenotipo	57
El altruismo y los genes egoístas	58
Piedra libre al Doctor Pangloss	60
La naturaleza convulsiva	63

Capítulo III: Tiempo y modo en Evolución	67
Cecilia Rosso	
El tiempo geológico y su relación con las ideas evolutivas.	67
Las primeras explicaciones	68
Del fijismo a la variación	68
La gradualidad como modelo del ritmo de la evolución	69
La evolución como un cambio repentino	72
Microevolución y/o macroevolución	74
La macroevolución, consecuencia directa de la microevolución	75
Macroevolución como mecanismo desacoplado de la Microevolución	76
¿Y si volviera a ocurrir?	78
Capítulo IV: Especies y especiación	
Daniel Devesa	83
El concepto de Especie	83
Criterios de espacio - tiempo	86
Los procesos de especiación	87
Variabilidad y especiación	89
Fijación de una nueva combinación genética	91
Capítulo V: Adaptación y niveles de selección	93
Daniel Devesa y Fernando Sica	
El concepto de Adaptación	93
El adaptacionismo extremo	96
Restricciones de la adaptación	96
Los niveles de selección	98
Los genes se vuelven visibles	100
La Selección Multinivel	100
Capítulo VI: Evolucionismo y Creacionismo	105
Abel Marchisio	
Contexto para la teoría evolutiva: relación entre posturas científicas y religiosas	105
Dilema y controversias: verdad científica versus creencias religiosas	105

Evolución e iglesias de la Reforma: recepción y razones para la oposición	108
Nuevo enfoque: Influencias del método histórico-crítico y experiencias del diseño	109
Sobre posturas intermedias	111
Relaciones y alcance de la postura creacionista respecto a la evolución	115
Impulso y difusión del mensaje creacionista: estrategias para convencer al público	116
Creacionismo, diseño y evolución. Aportes para un posible diálogo o debate	119
Evolución vinculada a la idea de progreso: orientar la discusión y el análisis	121
Capítulo VII: Las representaciones de la evolución - Abel Marchisio	125
Representaciones populares y académicas de la evolución	125
Medios y Estrategias: los registros fósiles	127
Valor formativo de los diagramas de árboles de la vida en el campo biológico	128
Un caso como ejemplo para focalizar, formular interrogantes e hipótesis y analizar un tipo de representaciones	132
Una representación errónea: evolución sólo como una mejora de los prototipos	133
Representación alternativa: arbusto ramificado y podado por la extinción	134
Dos errores a considerar en la nueva concepción	134
Otros alertas y razones para no posicionarse desde representaciones etnocéntricas	136
Revisar e imaginar la historia posterior a la vida: representando un proceso iterativo de eliminación estocástica	138
Palabras Finales	142
Bibliografía	144

INTRODUCCIÓN

La teoría de la evolución es no solo el motivo de este libro. También representa el núcleo fundamental y unificador de toda la Biología. Todas las explicaciones que podamos dar sobre los fenómenos de la vida están permeadas, atravesadas, por la evolución. Desde Darwin, y a pesar de las resistencias que siempre aparecen, no hay otra forma de concebir el estudio del planeta viviente si no es a la luz de la evolución, como ya inspiradamente señalara Dobzhansky.

Pero en este caso, no solo interesa hablar de una teoría más que centenaria, sino de un programa vivo y dinámico. Podríamos dedicar toda una vida de estudio para mantenernos actualizados sobre los avances en el terreno empírico y teórico de la evolución, y a duras penas alcanzaríamos esa meta escurridiza. Todos los años se producen innumerables papers y libros sobre la enorme diversidad de temas que este campo de estudio produce, que hacen poco menos que imposible conseguir estar al tanto de todo. Esto no es novedad en ninguna de las áreas vivas de las ciencias naturales, simplemente se apunta para destacar la absoluta actualidad que la teoría de la evolución demuestra, y la urgente necesidad que tenemos todos los que la enseñamos de mantenernos actualizados.

Este libro tiene varios interlocutores. En primer lugar, los docentes de ciencias naturales y los que estudian para serlo, encontrarán aquí elementos que les permitirán abordar contenidos ya conocidos con nuevos enfoques, tanto como datos y desarrollos novedosos que puedan incorporar fácilmente a sus prácticas. Los docentes no siempre podemos realizar las cuantiosas lecturas que nos permitan estar al tanto de todos los avances, por lo que este libro acerca amigablemente muchos de esos textos con un lenguaje claro y accesible, en condiciones de ser utilizado en el aula, o como lecturas personales para preparación de clases específicas.

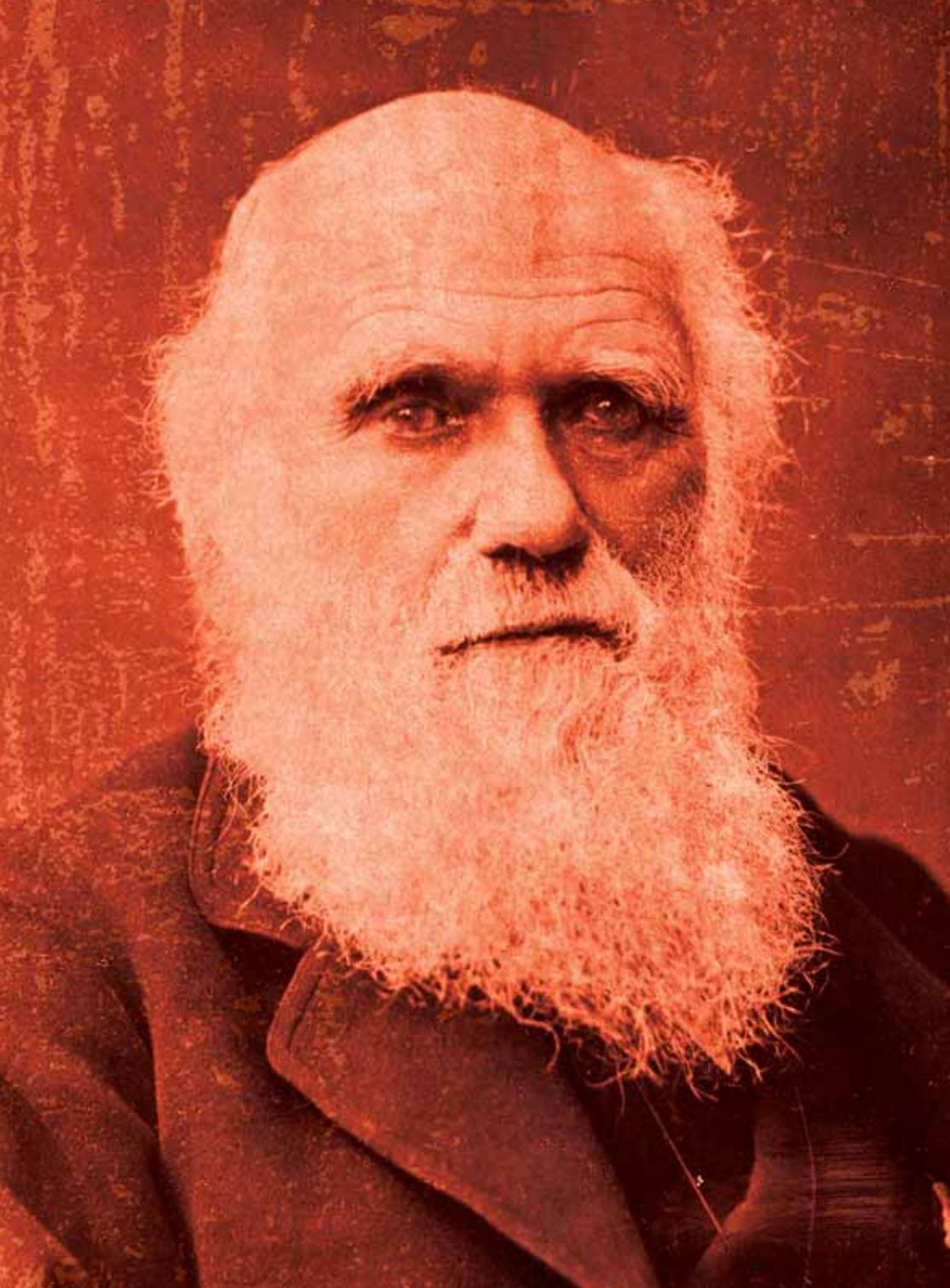
Además, para los estudiantes de carreras terciarias que necesiten entender los procesos evolutivos que rigen a la biología para poder interpretarla, desde una mirada más integral y compleja, permitiendo así relacionar cada uno de sus concepciones desde su historia biológica y contexto de construcción del conocimiento. Finalmente, también esperamos que este texto sea de utilidad para los docentes de secundaria que deseen contar con un material ameno y actualizado.

El contenido se estructura en tres partes principales. Los capítulos 1 y 2 presentan una reseña cronológica que recorre de manera sintética los momentos en que surgieron las ideas sobre evolución en distintos contextos históricos, analizando la influencia social y el ambiente intelectual de cada época, abordando las controversias suscitadas por las teorías en pugna y sus parciales resoluciones. Esto permitirá al lector visualizar la dinámica de las ideas de cambio de los seres vivos, desde Darwin hasta la actualidad, así como las controversias actuales.

Los capítulos 3, 4 y 5 tienen como objetivo resaltar algunos de esos puntos controversiales, tales como el ritmo y modo de los procesos evolutivos, la construcción del concepto de especie y las modalidades de especiación, la discusión del papel de la adaptación como proceso y efecto histórico del cambio con modificación.

En la última parte se aborda el delicado debate sobre ciencia y religión (capítulo 6) y las diversas representaciones sobre la evolución presentes en la sociedad (capítulo 7). Los mismos tienen como objeto visualizar cómo el hombre lucha con sus creencias, el conocimiento, el contexto social, influencias cognitivas y afectivas, para formar representaciones mentales que le permitan comprender temas tan complejos y desafiantes como la evolución.

Esperamos sinceramente cumplir con las expectativas de todos los que se acercan a estas páginas, ya sea con objetivos de estudio, trabajo, curiosidad, recreación. Estaremos complidos con que, cada uno de los que toman este libro, saquen de él algo de provecho.



CAPÍTULO I

Darwin y el surgimiento de una teoría sobre la evolución de la vida

Fernando Sica

El contexto del darwinismo

La teoría de la Evolución, como toda teoría, se construye históricamente a partir de un programa de investigación que tiene cierta perdurabilidad en el tiempo, y se va enriqueciendo con el aporte de un conjunto de investigadores. Charles Darwin inició este programa de investigación, cuando publica en 1859 su obra central, *El origen de las especies por medio de la selección natural*. Recorrer esta historia, y analizar sus transformaciones hasta el dinámico estado actual, nos permite entender algunos aspectos fuertemente relacionados:

1. Darwin no es el primero en plantear la idea de que los seres vivos, o las especies, evolucionan. Pero es el primero que define un mecanismo concreto para explicar el cambio. No se puede decir, por lo tanto, que este notable naturalista haya sido el primero en haber pensado en la evolución de la vida, pero logró crear un conjunto de proposiciones organizadas sistemáticamente, que podían ser debatidas y puestas a prueba.
2. No se puede definir una *teoría de la evolución* a partir de Darwin, porque él no utiliza tal denominación, además de que muchos aspectos que hoy la teoría evolutiva contempla, no estuvieron previstos en el inicio de la sistematización darwiniana. En cambio, sí puede hablarse de una "Teoría de la selección

natural” que explica la evolución adaptativa y gradualista de las especies, y potencialmente permitiría componer un modelo explicativo de especiación. Darwin prefería el término “descendencia con modificación” para referirse a tales cambios, que se constituyen en la materia prima sobre la que actúa la selección natural.

3. Este programa de investigación fue rápidamente adoptado por una nueva generación de naturalistas europeos, que lo encontraron mucho más integrador y flexible para incorporar los nuevos conocimientos provenientes de las disciplinas biológicas en gestación a lo largo del siglo XIX: la sistemática basada en criterios de parentesco, la anatomía y embriología comparada, la paleontología científica. El mismo Darwin, a través del prestigio que supo acumular como naturalista experto y miembro de la *Royal Society*, se ocupó personalmente de “persuadir” a los pensadores más influyentes de su época, manteniendo reuniones y abundante intercambio epistolar, y abriendo el debate sobre muchos aspectos de su teoría que no constituían su “núcleo duro”.

La resistencia y el debate que se presentaron en torno al darwinismo provinieron originalmente de los defensores de la religión y la moral victorianas, y no tanto del mundo académico, que observó rápidamente el potencial de la teoría (estas controversias son ampliadas en el capítulo 6). Por supuesto, hubo debates acerca de ciertos puntos de la propuesta de Darwin (alcances de la selección natural, ritmo, posibilidad de surgimiento de las especies, entre otros), pero el núcleo de la teoría fue aceptado felizmente porque permitía organizar una ciencia (la Biología) hasta el momento carente de principios centrales unificadores, en una época de dominio positivista en que otras ciencias (y comunidades científicas) iban tras los mismos objetivos.

Lamarck y Darwin, no tan diferentes

Georges Cuvier fue el más grande de los naturalistas creacionistas. Dominó la escena desde la Academia de Ciencias Francesa, en los últimos años del siglo XVIII y primeros del XIX, afirmado en una enorme erudición y prestigio acumulado. Su puesto de curador del museo de historia natural de París le permitía tener acceso ilimitado no solo a las colecciones, sino a los ejemplares de nuevas especies que le

llegaban de todo el mundo para su estudio, en una época de grandes viajes y descubrimientos. Su influencia y autoridad eran enormes.

Curiosamente, analiza la naturaleza con un enfoque funcionalista (funda la *Anatomía comparada*, como auxilio para sus investigaciones paleontológicas), aunque se mantiene como un convencido creacionista, al igual que todos los naturalistas eminentes de su época. En un intento por salvar los saltos o brechas observados en el registro fósil, crea una hipótesis conocida como “catastrofismo” que postula diversas revoluciones geológicas o catástrofes globales que produjeron históricamente distintos eventos de extinción, luego de cada uno de los cuales la acción divina realizaba un nuevo acto creador (en el capítulo 3 se retoman las ideas de Cuvier como antecedente histórico del saltacionismo). En este marco, dirigió el duro ataque hacia la primera propuesta evolucionista sistemática que vio la luz: la de su contemporáneo Jean Baptiste de Lamarck.

En 1809 -el año que nace Charles Darwin- Lamarck publica su obra *Filosofía Zoológica*, en la que expone su hipótesis que todos los organismos vivos responden con la adaptación a los cambios del ambiente. Postula que, más que propósitos o finalidades, perciben la necesidad de adaptarse, así como de ascender en una escala natural, alcanzando sucesivos grados de perfección. El mecanismo que propone es el del uso o desuso de las estructuras, que produce un mayor desarrollo o su atrofia, respectivamente. Las características adaptativas que se adquieren, se transmiten a las siguientes generaciones. “Ellos [los animales] deben acomodarse a tales cambios [del ambiente], modificando sus hábitos y estructuras en forma activa, y estas modificaciones debían transmitirse a la siguiente generación” (Lamarck, 1809).

Esta última idea -el traspaso de características adquiridas a los descendientes- fue luego, a la luz de los conocimientos aportados en el siglo XX por la Genética, fuertemente criticada por los neodarwinistas, pero es una postura anacrónica. Es perfectamente lógico que en su época Lamarck sostuviera que los organismos se adaptan de alguna manera intencional, y dichas adaptaciones se transmiten. Era una creencia generalizada por los criadores de animales domésticos (Darwin, como uno de ellos, también pensaba así), y no había ninguna explicación mejor sobre el funcionamiento de la herencia.

Lamarck fue doblemente víctima tanto de sus escasas dotes de argumentador frente a la brillante retórica de Cuvier, así como de una muy débil contrastación empírica de sus ideas. Esto último fue una clara advertencia para el intento de teorización

que se propuso hacer 30 años después el joven Darwin, que si bien no compartía la creencia de una escala natural progresista y sostenía el papel del azar en la aparición de las variaciones individuales, se mantuvo como lamarckista en los mecanismos hereditarios que permitirían producir y transmitir las adaptaciones en el tiempo.

El legado de Darwin

Charles Darwin ha sido objeto de estudio como pocos, abundan sus biógrafos y revisionistas, y los escritos de su obra y vida han sido facilitados por la cuantiosa correspondencia mantenida con diversos interlocutores. Darwin se dedicó, todo lo que le permitía su siempre delicado estado de salud, al intercambio de ideas con una amplia gama de intereses y “corresponsales” de todo el mundo, siempre ávido de novedades que le permitieran seguir trabajando sus hipótesis.

Sus cuadernos de apuntes, publicados en los primeros años del siglo XX, demuestran que un esbozo de la selección natural ya estaba diseñado para 1838, y solo fue ocasionalmente trabajado en los tiempos breves que no dedicaba a sus investigaciones principales (*Diario de viaje de un naturalista alrededor del mundo*, 1839; *Estructura y distribución de los arrecifes de coral*, 1842; *Observaciones geológicas de las islas volcánicas*, 1844; *Observaciones geológicas de Sudamérica*, 1846; *Monografía sobre los Cirripedios*, 1851; *Monografía de los balánidos y verrúcidos fósiles*, 1854). Como se ve, hasta la publicación de *El Origen...* (1859), su trabajo de investigador y escritor fue ininterrumpido (y continuó de la misma forma hasta su muerte), distraendo las preocupaciones que sus hipótesis evolucionistas seguramente le producían.

Muchos de sus apuntes de carácter teórico estaban basados fundamentalmente en dos fuentes:

1. La profusa colección de observaciones recabada en el viaje del H.M.S. Beagle, buque de la armada británica en el que participara en carácter de acompañante (hoy podríamos caracterizarlo como “investigador asociado”). No fue el naturalista a bordo hasta mediados del tercer año de viaje, cuando reemplazó al médico de la expedición en esa función (que desempeñaba desde el primer momento *ad-hoc*). Algunos expertos como Gould han propuesto la idea de que el capitán Fitz Roy, apenas dos años mayor que él, necesitaba un joven aristócrata que le sirviera de compañía para departir sobre cultura, ciencia y literatura durante el largo viaje, puesto que su jerarquía le impedía

establecer contactos informales con la tripulación. Como sea, Charles Darwin inició allí sus prácticas de naturalista, con una formación prácticamente autodidacta, provista de todos los libros que se utilizaban en las universidades de la época, y los diarios de viaje de expedicionarios como Humboldt, a los que admiraba y deseaba emular. Este deseo se haría realidad, y lo prueba su primera publicación, el diario de viaje. En cada sitio donde el buque tocaba puerto, obtenía un permiso de su capitán y gestionaba los salvoconductos necesarios para recorrer lo posible, acopiando gran cantidad de observaciones y testimonios de los locales, pero también rocas, fósiles, animales que disecaba y vegetales que herborizaba convenientemente, despachándolos regularmente hacia Inglaterra. Esto permitió que su nombre fuera reconocido incluso antes de su regreso.

2. Sus prácticas de hábil criador de especies domésticas, como palomas, ovejas o cerdos. En la casa paterna, como en la finca que adquiriera luego de su casamiento (*Down House*), se ocupaba de estos hobbies, que le permitían realizar cruza controladas y observar las variedades que los criadores obtuvieron a través de siglos de trabajo y selección, y que él mismo pudo probar. Por ello, el libro de *El Origen* no comienza presentando la idea de Selección Natural, sino que dedica su primer capítulo a la Selección Artificial, y los dos siguientes a los abundantes ejemplos de la naturaleza que permiten medir la importancia del éxito reproductivo y las condiciones ambientales para la supervivencia de ciertos individuos respecto de otros. Recién entonces, en el capítulo 4, la teoría es expuesta.

Darwin y Wallace

La paciente espera de una mejor oportunidad y un contexto más favorable para dar a conocer su estructura explicativa de la evolución, desembocó en el hecho ya muy conocido de la recepción de la carta de Alfred Wallace (en 1858), naturalista mucho más joven, que llegara a conclusiones similares a las pergeñadas en secreto por Darwin, pero no vaciló en darlas a conocer prontamente. Cuando buscó un científico de la naturaleza reconocido para evaluar su propuesta, su elección se depositó en Charles Darwin, a quien admiraba y del cual había leído su *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*.

Inmediatamente se genera en la conciencia de Darwin un conflicto ético y académico sobre la prioridad de la teoría, que fue feliz y dignamente resuelto por ambos caballeros. Charles Lyell y Joseph Hooker, eminentes científicos de la época y amigos de Darwin, idean un plan que permitía reconocer a ambos pensadores. Arman una presentación pública de sus ideas, para el 1 de Julio de 1858, que incluía la lectura del texto enviado por Wallace, y de algunos manuscritos elaborados por Darwin en 1844 y correspondencia de cuyas fechas daban fe.

Como Wallace estaba en el archipiélago malayo continuando sus investigaciones sobre las aves tropicales, no estuvo presente pero dio su conformidad, y siempre mantuvo sus respetos por la prioridad de Darwin. Curiosamente, éste tampoco estuvo presente, porque días antes había muerto su hijo Charles. La lectura de ambos trabajos produjo muy poca resonancia, pero disparó en Darwin un frenético trabajo de escritura que le permitió publicar apenas 16 meses después lo que él consideraba “un resumen” de su obra principal, *El origen de las especies por medio de la selección natural*. Es conocido también que la primera edición del libro, de 1250 ejemplares, se agotó el mismo día que salió a la venta. Tal vez pueda ser considerado el primer libro científico en convertirse en un *best seller*.

Darwin, siempre reacio a los eventos multitudinarios y los encuentros sociales, rehusó cuanto le fue posible una invitación tras otra al debate de sus ideas, aunque otros tomaron su bandera. Cuando pudo publicar su obra maestra, el 24 de noviembre de 1859, se preparó para la tormenta que sin dudas sobrevendría.

Las piezas de *El Origen*

En su obra *El Origen de las Especies*, Darwin despliega el “drama” de la evolución en varios actos. En el primer capítulo comienza especulando sobre el origen de las variaciones notables que advierte entre los individuos de una especie cualquiera. Supone, en un acierto intuitivo, que la mayor fuente de variación está en el individuo mismo, cuestión que la genética a futuro confirmará (inclusive esta fuente de variación puede considerarse excesiva y redundante, según las investigaciones de los neutralistas).

Pero luego habla de otras variantes inducidas por el ambiente. Llama mucho la atención (si no consideramos las ideas científicas en contexto) que adhiera al concepto ya utilizado por Lamarck del “uso y desuso de los órganos” para explicar, por ejemplo, el mayor desarrollo de patas respecto a alas en el pato doméstico que

en el salvaje, por tener que andar más y volar menos. Esta es una de las muchas evidencias de que Darwin no practicaba una intencionada oposición a las ideas lamarkianas, sino que adhería a unas cuantas de ellas porque eran el paradigma dominante respecto de la adquisición y transmisión de caracteres. Cree firmemente que la variación, tanto en el mundo silvestre como en el doméstico, es la regla y no la excepción, tornándose difícil establecer seres prototipos o ejemplares modelos de cualquier especie. Las variaciones suelen ser sutiles, aunque en ocasiones monstruosas, y el hombre ha echado mano inteligentemente a muchas de ellas cuando le han sido útiles, como el mismo Darwin sabe por su experiencia en la granja familiar o por su *hobbie* de criador de palomas. En cuanto a los mecanismos de la herencia, siguen siendo un misterio, reconoce con sinceridad.

Al final del capítulo, Darwin abre el debate sobre un punto crucial: qué debe considerarse una diferenciación suficiente para decidir que dos grupos constituyen o no especies separadas. En el ámbito de la domesticación, poco se sabía ya en aquel tiempo de los verdaderos orígenes de ganados y mascotas, es decir, sobre la procedencia de las distintas razas. No visualiza ninguna forma de precisar los límites y alcances de una especie, aunque por supuesto conoce la forma clásica de definirla. Y esto lo dice luego de un exhaustivo repaso de todos los datos obtenidos de criadores e informes que ha recolectado a lo largo de años sobre perros, ovejas, vacunos, palomas y otras especies domésticas (en este punto no se refiere a las plantas transformadas para su cultivo por el hombre, pero también entrarían en la categoría). Ante esa gama casi inagotable de variación, especula sobre si su ritmo de aparición será gradual o repentino (opta por ambos). Si esto pasa con las poblaciones domésticas cuidadas por el hombre -infiere-, cuánto más complejo puede resultar conocer los linajes, procedencias y ritmos de variación de poblaciones naturales. Muchas de estas dudas planteadas por Darwin en 1859 no se han resuelto aún, y si bien hoy en día hay un consenso generalizado acerca de lo que es una especie, el mismo no está libre de discusión y controversia.

Cuando Darwin se refiere a la especie, piensa que los individuos conforman una comunidad de origen, y con ello de relaciones de parentesco que trascienden la enorme variabilidad que la naturaleza dispone en dondequiera que se mire. Pero admite la dificultad para demostrarlo en forma tangible.

En el capítulo 2, extiende sus razonamientos sobre la variabilidad y la dificultad para definir una especie, del mundo de los seres domésticos al mundo natural, in-

sistiendo en la gran variación que se observa en caracteres considerados centrales para la descripción de los taxónomos. Ello lleva por ejemplo a que éstos planteen géneros polimorfos cuando ciertas “especies” presentan una variabilidad muy notable, razonamiento por demás viciado: las especies se desdoblan porque presentan gran diversidad interna, aunque la diversidad interna no constituye un criterio de definición para la especie. Observa entonces que no hay dos naturalistas que coincidan en dichas categorías. Hasta cita un notable caso observado por Wallace en una isla del archipiélago malayo, donde refiere a una especie de mariposa muy variable en su forma, que va experimentando modificaciones graduales de un extremo al otro de la isla, con formas intermedias que, si se desconocieran, permitirían definir en ambos extremos especies diferentes, que solo pueden ser interfecundas con las formas de transición. Hablar de especies y subespecies es tan arbitrario como definir la distancia necesaria en las características individuales para separar unas de otras.

Una lucha con matices

El tercer capítulo se centra en la “lucha por la supervivencia”, concepto que reconoce tomar de Spencer, y que puede resultar más o menos útil que su término “selección natural” según la conveniencia. Darwin supone que cualquier variación, por pequeña e insignificante que parezca, pone al individuo en ventaja o desventaja respecto de sus semejantes en la dura lucha por seguir vivo y reproducirse. Estos son los dos aspectos centrales en la lucha, que entiende en un sentido amplio y metafórico, no necesariamente una lucha cuerpo a cuerpo, o una relación predador-presa, ni siquiera una relación violenta con los de su especie (vemos frecuentemente que dentro de una especie sus individuos evitan la lucha con contacto físico, dirimiendo las jerarquías y posiciones de dominio con complejos rituales que salvaguardan el riesgo de los que compiten). Plantear la lucha como una metáfora implica reconocer formas muy sutiles de competencia, a veces incluso difíciles de advertir (por ejemplo, químicos que producen una especie vegetal que impiden germinar a otra, casos de canibalismo por presión demográfica o dominio dentro del grupo, etc.).

Pero esta competencia no deja de ser dura, porque la descendencia es casi siempre numerosa y hay lugar para pocos en la economía de la naturaleza, por lo que cita a Malthus para explicar que esta progresión geométrica a la que pueden tender las poblaciones se encuentra rápidamente con límites poderosos. Entre éstos figurarán

los fenómenos climáticos, la predación, la escasez de alimentos, las parasitosis, etc. Algunas especies establecen relaciones colaborativas (insectos polinizadores con plantas, por ejemplo), que favorecen su éxito reproductivo y anulan la competencia.

Finalmente, destaca que donde más fuerte es la lucha, es entre los individuos de una misma especie, que comparten las mismas demandas y recursos, siempre altas las primeras y escasos los segundos. Ocasionalmente, una temporada buena podría permitir un marcado aumento de la población, pero éste no puede sostenerse por mucho tiempo. Y en plazos más largos, se observará una marcada constancia en los números de los individuos, que indican cuán rigurosamente operan estos factores de selección.

El maravilloso *Capítulo Cuatro*

El cuarto capítulo completa el drama de la vida según el cuadro pintado por Darwin. Hay variaciones que aparecen de forma continua en las poblaciones, y hay una fuerte lucha que determina que sobrevivan solo unos pocos. Darwin se apresura a aclarar que, en la obtención de razas domésticas, el hombre no puede producir o “crear” variaciones que desea, sino solo limitarse a esperar que éstas aparezcan, y entonces sí seleccionarlas, aislarlas, reproducirlas, de acuerdo a la dirección que quiera imprimir en orden a la utilidad perseguida. En la naturaleza opera un mecanismo similar, aunque no hay un ser inteligente que dirija el proceso. Las variaciones ocurren de manera tan aleatoria como en el ganado doméstico, y pueden ser más o menos favorables para la supervivencia y posibilidades de reproducción del individuo. Por mínimos que parezcan esos cambios, otorgan una ligera ventaja al que los posee, y la selección natural los conservará o potenciará su extensión a un número mayor de individuos en las siguientes generaciones.

Darwin aclara que la selección natural no produce esas variaciones, que tanto pueden ser positivas en un sentido adaptativo como negativas, y por ello no puede impedir que estas últimas aparezcan. No hay noción de utilidad alguna, ni de dirección o progreso en el conjunto de variaciones que aparecen. El éxito más ostensible observado en la selección artificial practicada por los criadores o cultivadores se debe al hecho de que éstos aseguran la supervivencia y reproducción de la mayoría de los individuos, acelerando el proceso de acumulación de variaciones en un determinado sentido. La selección natural es más lenta, pero igualmente accidental en la

aparición de novedades y predecible en la posible conservación de algunas de éstas.

Unos párrafos aparte dedica al fenómeno de la selección sexual, que si bien será incluida de forma amplia en la selección natural, tiene características singulares. Más que de una lucha por la existencia, se trata de una lucha que libran en general los machos para lograr la reproducción con las hembras, y éstas son las que *eligen* dando prioridad a caracteres del macho que pueden conspirar, incluso, con su misma supervivencia. Por ejemplo, si eligen durante cientos de generaciones los machos de color más vivo para aparearse, pueden producirse finalmente coloraciones que sean muy visibles para, por ejemplo, algún depredador, poniéndolo en riesgo. Este tipo de selección hace pensar a Darwin en lo poderoso que es el factor reproductivo en la continuidad de un linaje.

Al final del capítulo 4, Darwin se introduce en terreno escabroso. La selección natural claramente moldea las formas de los organismos, y tiene la capacidad de ir produciendo adaptaciones más y más ajustadas al ambiente, seleccionando las variaciones más aptas para la supervivencia. Pero ¿tiene la capacidad de producir novedades divergentes, esto es, que permitan la formación de nuevas especies?, porque si la adaptación es resultado de un continuo y prolongado proceso de descarte de las variaciones desfavorables, la selección natural se comporta de manera conservadora. Y por otro lado, ¿es el tiempo geológico suficiente para que la lenta acumulación de cambios aleatorios según la selección natural produzca toda la biodiversidad que hoy apreciamos?

Estos dos temas constituyeron puntos de debilidad de la teoría que el mismo Darwin conscientemente aceptaba, y que discutió con sus pares hasta su muerte, tratando de reunir evidencia. Darwin vivió lo suficiente como para ver cómo las investigaciones geológicas revelaban una antigüedad de la Tierra mucho mayor de la que se sabía en su juventud (al final de su vida, ya se suponía que podía tener algunos cientos de millones de años), pero en cuanto a los factores que provocan la divergencia necesaria para producir nuevas especies, nunca pudo precisarlos convenientemente. Aunque ya en esta sección menciona la posibilidad de generación de nuevas especies, tanto en poblaciones pequeñas de territorios aislados como en poblaciones extensas de territorios fragmentados, lo cierto es que se trata de un terreno muy especulativo en el cual hace inferencias bastante débiles y difíciles de probar.

La misma selección natural que explica la adaptación y, supuestamente, la formación de especies nuevas, también puede explicar la extinción de una especie

cuando las condiciones cambiantes del ambiente no son acompañadas por variaciones favorables en el seno de una población. Entonces se produce una merma en el número de individuos y del éxito reproductivo que culmina con su desaparición. Por lo tanto, la cantidad de efectivos y la variación interna con que cuente cada especie, son aspectos fundamentales para afrontar las condiciones ambientales, y asegurar su continuidad.

Por otro lado, intenta explorar el origen de nuevas especies a través de lo que denomina *divergencia de caracteres*, que si bien no es otra cosa que la variación que puede notarse entre distintas razas de especies domésticas, o entre subespecies de una especie mayor en estado natural, pueden constituirse en la base de adaptaciones a nuevas condiciones o recursos que le permitan seguir divergiendo en un sentido que la aleja cada vez más de la población original. Fácilmente se ve que el argumento es débil, sobre todo porque mientras se mantenga la interfecundidad entre poblaciones ligeramente divergentes se pueden producir reversiones de caracteres diferenciados, y la divergencia desaparece. Pero por el momento, Darwin no tiene otras posibilidades de avanzar sobre el tema.

Luego de plantear el problema de la divergencia, aparece en el libro un esquema que constituye la única gráfica de toda la obra; es solo un *arbolito* muy ramificado, con varios nudos en cada rama de donde surgen *ramitas* más pequeñas. El objetivo es mostrar el alto grado de variación que se produce en determinados puntos del proceso adaptativo, y que culmina con cortos periodos de estabilidad morfológico-fisiológicos seguidos de nuevas instancias de diversificación. Subyace la idea de que las especies más próximas provienen de troncos comunes que justifican su “aire de familia”, y que describen un proceso continuo desde la variedad a la subespecie, y de ésta a la especie, el género, la familia, y demás niveles de organización sistemática, en un incesante y gradual proceso de modificación.

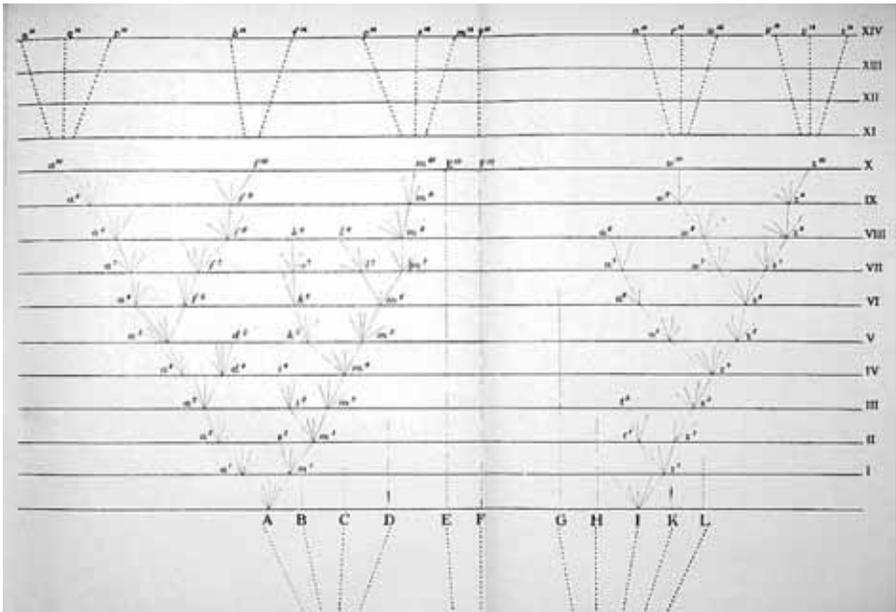


Figura 1.1: diagrama de Darwin (Tomado del original)

Dibujo de árbol de divergencia del libro de Darwin: <http://entomologia.rediris.es/sea/bol/vol26/s1/articulo/index.htm> (Consultado: Agosto de 2011)

Darwin se apresura a señalar que este supuesto plan de organización hacia una mayor complejidad y diversidad solo aparenta progreso, pero no puede presumirse esto en términos absolutos. Aunque parezca advertirse una organización en orden a la aparición de organismos más complejos, resulta difícil justificar el uso de términos como grupos superiores e inferiores, porque la evolución no conduce hacia ninguna meta prefijada, y ninguna adaptación puede considerarse un avance definitivo. Las innumerables formas de organización “inferior” actualmente presentes en el mundo son una ilustración contundente de que no hay un plan prefijado en la naturaleza de lo viviente.

“La selección natural obra solamente mediante la conservación y acumulación de pequeñas modificaciones heredadas, provechosas todas al ser conservado (...) La selección natural desterrará la creencia de la creación continua de nuevos seres orgánicos o de cualquier modificación grande y súbita en su estructura”. En este párrafo del capítulo 4, Darwin anticipa la principal fuente de conflictos que su teoría

tendría, que no sería justamente la colección de pruebas que el mismo Darwin y otros pudieron hacer, que confirmaban una y otra vez estas ideas, sino más bien la prescindencia de un acto creador, el reconocimiento del poder de la naturaleza para actuar por sí sola modificando y produciendo todas las maravillosas formas de vida, y por lo tanto, haciendo innecesario a Dios.

El resto de *El Origen*

En el 70% restante de su libro, Darwin se dedica a cuestiones diversas, pero fundamentalmente a anticipar posibles reacciones y argumentos que refuten sus ideas. Él mismo se convierte en su principal crítico. En el capítulo 5 se refiere a las leyes que permitirían a algunos órganos desarrollarse en forma extrema, mientras otros se reducen hasta casi desaparecer. El capítulo 6 aborda las razones por las que las formas de transición entre especies correspondientes a un mismo linaje resultan de gran rareza y excepcionalidad. El capítulo 7 reúne un conjunto de objeciones diversas a la teoría que -imagina- se pueden presentar. El capítulo 8 se refiere a las dificultades para entender la selección natural de pautas de comportamiento instintivo que presentan muchas especies, algunas de gran complejidad, y en particular el caso del comportamiento social de algunos insectos resignando incluso la capacidad reproductiva de algunos de sus integrantes. En el 9 se pregunta por las causas de esterilidad muy frecuentes en caso de hibridación entre especies cercanas y en los polimorfismos en el seno de una especie.

Los capítulos 10 y 11 tratan del registro fósil, sus imperfecciones y lagunas y la dificultad de probar fehacientemente las relaciones de parentesco entre muchas especies basándose solo en el estudio de los fósiles (si esto puede decirse aún hoy, luego de muchas décadas de investigación paleontológica, imaginemos la situación 150 años atrás). Finalmente, el capítulo 12 se refiere a la distribución geográfica de grupos faunísticos y poblaciones vegetales y lo que la biogeografía puede aportar a la comprensión de la extensión y diversificación de las especies.

Darwin evitó por completo cualquier mención en su libro cumbre, al origen de la vida, del hombre y la intervención divina en el origen de las especies. Pero no pudo evitar que estos fueran los temas más debatidos en las reuniones públicas citadas para discutir su obra, que muchos de sus críticos ni siquiera se habían molestado en leer en forma completa. Como sistemáticamente rehusó participar de los debates,

ocuparon su lugar algunos notables como su amigo Charles Lyell, Joseph Hooker, Alfred Wallace (que defendió aún más la selección natural como mecanismo exclusivo de la evolución que el mismo Darwin, por lo que se afirma que era “más darwinista que Darwin”), y por sobre todo Thomas Huxley, quien fue apodado “el *bulldog* de Darwin” porque asumió la popularización y defensa de sus ideas con gran entusiasmo, viendo en ello una oportunidad de terminar con la influencia que ejercía la Iglesia en su época sobre el monopolio del conocimiento y las libertades de pensamiento.

La selección natural según Wallace

Cuando Alfred Wallace recibió un ejemplar de *El Origen* enviado personalmente por Charles Darwin, luego de su lectura solo pudo expresar “Perdurará tanto como los *Principia* de Newton. El señor Darwin ha donado al mundo una ciencia nueva, y su nombre, a juicio mío, se destaca por encima del de muchos filósofos antiguos y modernos. ¡La fuerza de la admiración me impide decir más!”. En esta cita se hace evidente que ambos naturalistas, geniales cada uno a su modo, no compitieron por prioridades, sino que estuvieron cordialmente vinculados y se respetaban mutuamente. Darwin nunca dejó de escribirle y compartir sus ideas con él, como lo hacía con muchos otros colegas, y Wallace siempre se rindió ante la abrumadora claridad y profundidad del pensamiento darwiniano, considerándolo como el padre de la teoría.

Wallace procedía de familia muy humilde. Trabajó de joven como topógrafo junto a su hermano, y para escapar de la pobreza y la falta de perspectivas de progreso, se aventuró en un viaje por la cuenca del Amazonas a la temprana edad de 24 años, con la idea de ganar algún dinero enviando colecciones de animales y plantas nuevos para la ciencia que remitiría a los museos europeos. La suerte no lo acompañó; el barco que transportaba el cargamento de especímenes naufragó, provocando su ruina. Pero al igual que Darwin, reunió una gran colección de observaciones de primera mano que le serían útiles luego para su tardía carrera de naturalista. Años después, pasó una prolongada estadía en el archipiélago malayo y en Australia, haciendo todo tipo de investigaciones sobre las especies, su distribución y comportamiento, sentando las bases de la biogeografía y reuniendo una gran cantidad de datos sobre los ecosistemas tropicales. Estaba convencido de que la distribución y variación geográfica de una especie debía ser considerada parte de su historia natural e información fundamental para explicar sus particularidades evolutivas.

Ya se ha descrito la impresionante coincidencia de ideas de ambos naturalistas sin haberse conocido, así como la notable circunstancia de que Wallace eligiera precisamente a Darwin como veedor de su primer manuscrito, en el que en no más de 13 páginas resumía las premisas de la selección natural. Pero había al menos dos puntos de divergencia entre ambos pensadores, que se acentuaron con el tiempo: Wallace creía que la especie humana no estaba sujeta al mecanismo de selección y era verdaderamente producto de un acto de creación divina especial (Wallace era una persona muy creyente, que no encontraba obstáculo en asumir la evolución de las formas de vida bajo ciertas reglas que Dios había impuesto a la naturaleza). Y por otra parte, suponía que la aparición del hombre en la naturaleza y su dominio sobre la misma clausuraba la evolución, marcando un hito final en el progreso de la vida según el plan divino. La selección natural podría seguir operando en vistas a lograr adaptaciones de las especies existentes, pero ya no existía la posibilidad de novedades.

Wallace no ocupó el último tramo de su vida en problemas referidos a la evolución, aunque siempre fue un entusiasta defensor de la selección natural. A diferencia de Darwin, que se dedicó hasta su muerte a juntar evidencia y discutir sobre el tema, sus preocupaciones lo llevaron a reflexionar y escribir sobre ideas que hoy podríamos considerar de un socialismo utópico, sobre la posición del hombre en la naturaleza, las posibilidades civilizatorias de la espiritualidad y la educación y las capacidades del sistema político para favorecer transformaciones económicas y sociales de amplio espectro. En otro orden, también adhirió fuertemente al espiritismo (de moda por aquel entonces en la aristocracia londinense), convirtiéndose en uno de sus más fervientes practicantes y defensores. Todo esto lo ubicó para siempre a la sombra de Darwin, pese a que por derecho propio puede contarse entre los filósofos naturalistas más importantes del siglo XIX.

Las reacciones inmediatas

Darwin sabía de antemano que con la publicación de *El Origen...* desataría controversias, y también estaba seguro de no querer confrontar. Prefería la discusión privada, con interlocutores de su misma talla intelectual. Por ello rehusó sistemáticamente participar en los debates públicos o institucionales que se realizaron para debatir sus ideas. Para la sociedad inglesa de la época, y sin buscarlo intencionalmente, encarnaba el naturalismo materialista que se oponía a las tradicionales ex-

plicaciones sobrenaturales y finalistas que se daban a la vida y sus manifestaciones. En su libro no hay un solo elemento provocador, ninguna voluntad de afectar la sensibilidad religiosa y moral, pese a lo cual no pudo evitar que buena parte de la aristocracia londinense, y casi todo el clero, se sintieran ofendidos por la herejía de desplazar a Dios del gobierno del mundo en beneficio del azar y la selección natural.

Hábilmente, influyó por medio de reuniones privadas y abundante intercambio epistolar en los hombres de ciencia más respetados de aquella época, ganándose con paciencia su confianza y adhesión a la evolución. Llevaba meticulosamente una lista de aquellos que iban “convirtiéndose” a su teoría, así como de los que la resistían. Entre estos últimos figuraba el muy prestigioso paleontólogo Richard Owen, pionero en el estudio de los dinosaurios, que eran una gran atracción de la época (él mismo realizó algunas reconstrucciones de esqueletos completos que expuso en el museo de historia natural, del que era director).

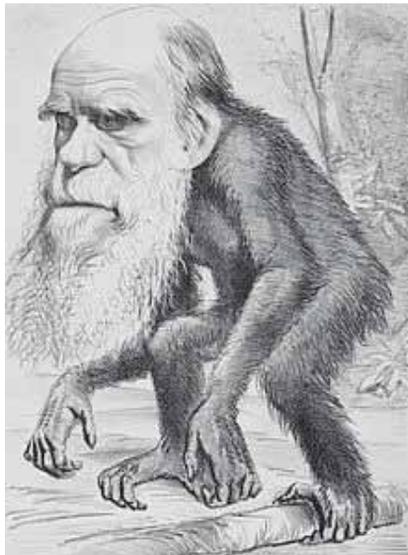


Figura 1.2: caricatura de Darwin-mono:
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Charles_Darwin
(Consultado en Agosto de 2011)

Este naturalista permaneció convencido del creacionismo hasta su muerte, asumiendo como afrenta la obra de Darwin, ridiculizándola y bastardeándola por todos los medios a su alcance. Antagonizaba con Thomas Huxley, un experto en anatomía de los vertebrados, embriología y paleontología pero por sobre todo, un activo promotor del naturalismo, que asumió por su cuenta la defensa del darwinismo.

Apenas publicado *El Origen*, Huxley dio a conocer una elogiosa reseña en el conservador periódico *The Times* y por años participó en la defensa activa y la divulgación de la teoría. Junto a Lyell, Hooker y el norteamericano Asa Gray, se conocieron como “los cuatro mosqueteros” de Darwin, aunque él prefería autodenominarse *el bulldog*.

Su hábil retórica y lucidez teórica le permitieron una defensa airoso, durante un famoso debate desarrollado en 1860, en la junta anual de la *British Association for the Advancement of Science*, que se prolongó por varios días. Primero se enfrentó a Owen conteniendo sobre las semejanzas de los cráneos de humanos y gorilas y su interpretación a favor de la evolución o de una acción creadora individual. Luego lo provocó el obispo Wilberforce, que intentó ridiculizar la teoría darwiniana y humillar a Huxley preguntándole si consideraba que él estaba emparentado con los monos por vía paterna o materna. No hay registro fidedigno que dé cuenta de las palabras exactas en las intervenciones de ambos, pero se afirma que Huxley replicó: “Si lo que se me plantea como pregunta es si preferiría tener un miserable mono como abuelo o un ser humano altamente dotado por la naturaleza, poseedor de grandes medios e influencias, y que, sin embargo, emplea tales facultades simplemente para introducir algo ridículo en una seria discusión científica, afirmo, sin duda alguna, que prefiero al mono” (en Gould, 1994). No importa demasiado la precisión de tales parlamentos, sino ilustrar el alto voltaje que dominaba en las primeras discusiones de las ideas darwinianas.

Sin embargo, y contra todo pronóstico, el tiempo para que éstas decantaran y fueran aceptadas académicamente resultó notablemente breve. El tema que Darwin expresamente había evitado en su obra magna (la descendencia del hombre) fue el contenido central y título de un nuevo libro de su autoría, publicado en 1871. Y en lugar de avivar la polémica, fue recibido con relativa indiferencia. Doce años habían bastado para que la comunidad británica (y el resto de la Europa ilustrada) tomaran con favorable disposición a la evolución. Sus ideas ya no escandalizaban a nadie. Podía sentirse satisfecho ya que su prestigio creció enormemente hacia el final de su vida.

Un lugar en la Ciencia de todos los tiempos

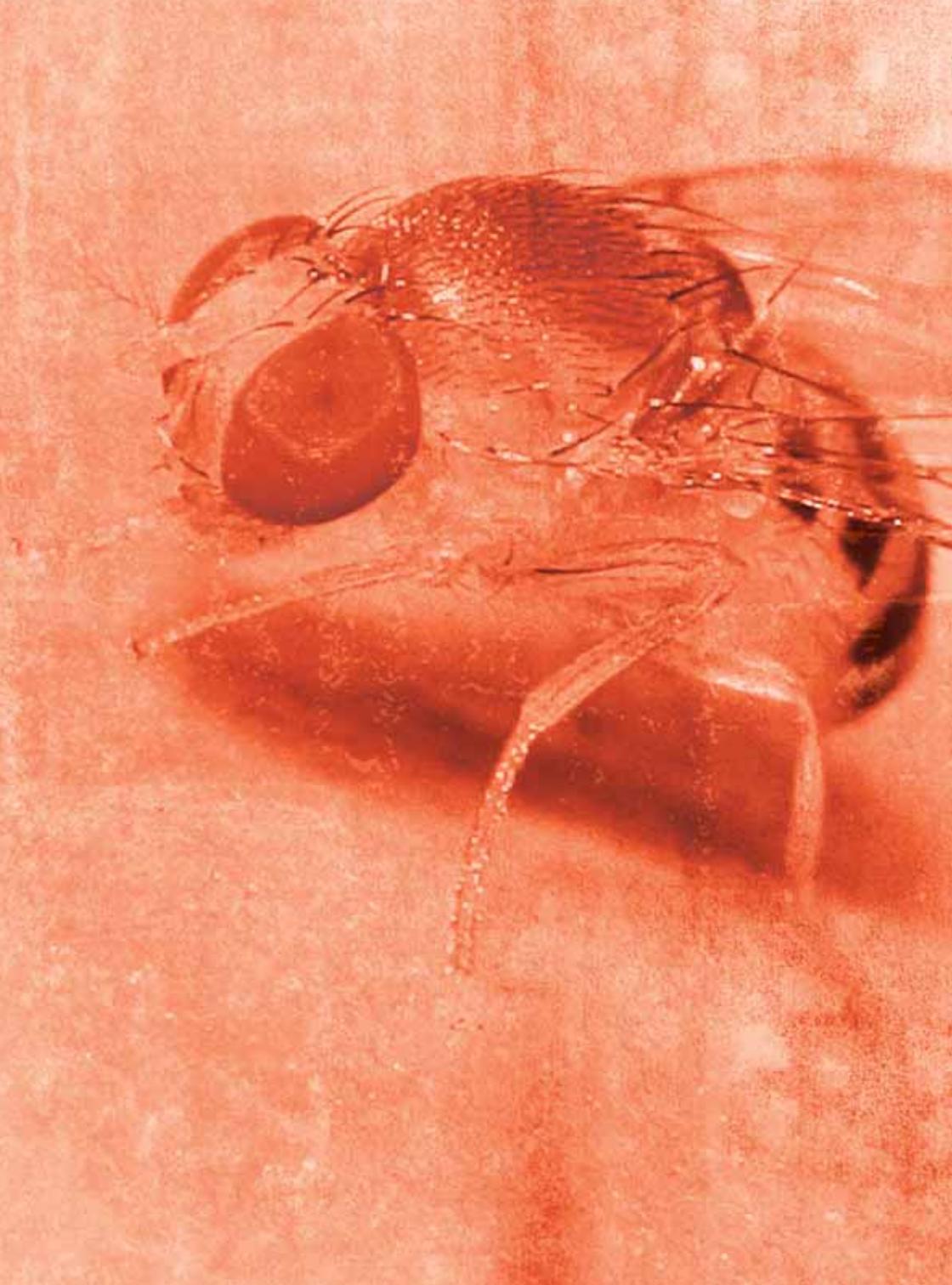
La salud siempre frágil de Darwin fue empeorando con el paso de los años. En 1881-82, en el marco de un invierno bastante duro, sucesivas complicaciones cardíacas culminaron en un infarto, que le quitó la vida el 19 de abril de 1882. Murió en su casa, cobijado como siempre en los brazos de su amada esposa Emma. En sus últimas cartas, dictadas a ella desde su lecho, se ve claramente que presiente el final.

El reconocimiento a su obra y su genio fue inmediato y universal. Incluso aquí, en Argentina, se homenajeó al gran naturalista; Sarmiento se ocupó del discurso con el que honra su legado. En todo el mundo hubo actos y palabras en su honor.

Una sorpresa final le esperaba a su familia: un grupo de 20 parlamentarios solicitó a las autoridades eclesíásticas, así como a su esposa e hijos, que sus restos fueran enterrados en la Abadía de Westminster, lugar sagrado donde descansan muchos reyes y los más grandes hombres de la historia de Inglaterra. La tumba de Darwin quedó ubicada muy cerca de la de Newton, y en el cortejo fúnebre portaron su féretro sus "mosqueteros", así como miembros de la *Royal Society* y de la nobleza. Todos representaban el respeto y admiración del estado y el pueblo inglés por el hombre que cambió para siempre la forma de observar e interpretar el mundo natural.

Darwin abrió nuevas fronteras del conocimiento, derribando mitos y proporcionando poderosas ideas que permitieron a la ciencia tomar definitiva distancia de la religión y la filosofía. Aunque en otros ámbitos, la confusión al respecto continuó alimentándose deliberadamente, como se verá en los últimos capítulos de este libro. Con la teoría darwiniana la ciencia de la Biología logró obtener un programa unificador de sus conocimientos e investigaciones y fundamentalmente, una identidad como disciplina que estudia la vida.

La teoría de la evolución de Charles Darwin cambió para siempre la forma en que el hombre se ve a sí mismo y a la naturaleza, de la que ahora se reconoce como parte.



CAPÍTULO II

El camino hacia la gran síntesis y las controversias actuales

Fernando Sica

Luego de Darwin

Si bien nadie discute la paternidad de la Genética al monje austriaco Gregor Mendel, (1822-1884), quien realmente abrió las puertas al programa que convertiría a la Genética en una ciencia con todas las letras fue el estadounidense Thomas Hunt Morgan (1866-1945), que utilizó las famosas mosquitas de la fruta (*Drosophila*) para los cruciales experimentos que le permitieron desarrollar la teoría cromosómica de la herencia (confirmando las leyes de Mendel y a la vez llenándolas en tal forma de anomalías que el rango de leyes es, por lo menos, discutible).

Lo que sí está fuera de toda discusión es que Morgan comprueba, una y otra vez, que los genes son unidades discretas ubicadas en los cromosomas y responsables de las características fenotípicas heredables. En esos tiempos (comienzos del siglo XX), la genética y la evolución aún no iban de la mano, y el desconcierto era tal que este brillante científico se declaró en muchas ocasiones *antievolucionista*, aunque finalmente se rindió a la posibilidad de que las mutaciones que observaba en sus moscas pudieran llegar a constituirse en la llave que explicara el origen de la variación y, con ello, la fuente de novedades sobre las que operaba la selección natural.

La teoría de la evolución darwiniana recién pudo consolidarse a partir del año 1947, fecha en que se realizó un importante Congreso en la Universidad de Princeton (USA), que sentó las bases de la Teoría Sintética o Síntesis Moderna. Esta Síntesis

unía el darwinismo (la evolución por selección natural), la Genética, los últimos desarrollos de la Paleontología y la Sistemática en un solo *corpus* teórico.

Pero para llegar a ello fue necesario atravesar años bastante confusos, en donde las ideas de Darwin fueron severamente discutidas e incluso abiertamente rechazadas. En 1909, cuando se cumplía el centenario del nacimiento del “padre de la evolución”, el biólogo y genetista William Bateson lo homenajeaba en un discurso y expresaba su admiración por haber demostrado contundentemente el “hecho” de la evolución, pero disimulaba su rechazo al mecanismo de la selección natural, como la mayoría de los biólogos de su época.

La Síntesis consumada se convirtió en el modelo hegemónico, haciendo que la historia de la teoría evolutiva disimule o directamente ignore estas discontinuidades y controversias que tuvo en la primera mitad del siglo XX. Su supervivencia dependió de un acontecimiento imprevisto: la aparición de un nuevo programa de investigación, la “Genética de Poblaciones”, que rescató a la selección natural del olvido y la convirtió en el centro del neodarwinismo hasta hoy mismo.

Repasemos las vicisitudes de la teoría en los 50 años posteriores a la muerte de Darwin, así como los temas de debate que se siguieron abriendo bajo el dominio de la Síntesis hasta el presente.

Pangénesis

La imposibilidad de entender los mecanismos de la herencia, como ya se ha explicado en el capítulo 1, llevó a Darwin a adherir a los conceptos lamarckistas de desarrollo o atrofia de las estructuras por el uso, y la herencia de caracteres adquiridos. Para este problema en particular, Darwin imaginó su propio dispositivo de transmisión hereditaria con influencia externa, elaborando una sofisticada hipótesis a la que denominó “pangénesis”.

Esta tesis afirmaba que todas las células del cuerpo de un ser viviente, de acuerdo a las influencias que recibían del ambiente, producían unas partículas que circulaban por el organismo con información sobre las características del “modelo” o “pangeno” a transmitir. Terminaban alojándose en las células germinales (sexuales) y con ello, pasando a la descendencia. Era un intento desesperado de proponer una alternativa para explicar la variación y la adaptación, a la vez que los condicionamientos del ambiente que permitían, en forma de “presiones ambientales”, seleccionar algu-

nos de esos modelos a expensas de otros. De este modo, la especie evolucionaba.

Darwin no tuvo la suerte, hasta donde sabemos, de dar con las ideas de Mendel, tal vez porque no estaba particularmente interesado en buscar hipótesis innovadoras sobre la transmisión hereditaria, pero más probablemente porque el “padre de la Genética” realizó sus experimentos y descubrimientos fuera de los principales círculos científicos de la época, y no pertenecía a ninguna sociedad que garantizara la difusión y visibilidad de sus trabajos.

Su teoría de la pangénesis no convenció a casi nadie, y la cuestión de las causas de la variación continuó envuelta en el misterio hasta que cambió el siglo. Pero además, otros tres aspectos de su teoría fueron duramente cuestionados:

1. El gradualismo: muchos sostenían que la acumulación de pequeñas variaciones no lograría producir las grandes transformaciones necesarias para originar estructuras complejas o muy elaboradas; eran necesarias profundas discontinuidades, lo que más adelante se conocería como “evolución a saltos”.
2. La selección natural es conservadora: permite un ajuste progresivo y cada vez más perfecto de la especie a su ambiente (en tanto éste tenga ciertas condiciones de estabilidad), pero no puede producir las novedades necesarias para originar nuevas especies, porque el mismo mecanismo las abortaría rápidamente.
3. El azar en el proceso: simplemente parecía demasiado extrema la hipótesis de que no había ninguna dirección en el proceso, dadas las fantásticas estructuras y funciones que se evidenciaban en todo el mundo viviente, que permitían suponer que ciertas transformaciones de las especies (tanto las vivientes como las fósiles) debían tener algún tipo de dirección o facilitación, en orden a alcanzar una mayor complejidad y adaptación.

Darwin tuvo un inesperado contrincante de sus ideas en su primo segundo Francis Galton (1822-1911), un aristócrata autodidacta más conocido por su ideas eugenésicas y, como muchos naturalistas de su época, un destacado biometrista (ya volveremos sobre la biometría más adelante). Sus excelentes condiciones para las matemáticas le permitieron demostrar fácilmente que, por más variación que se diera en el seno de una especie, los individuos al aparearse y tener descendencia observarían una “regresión a la media” de las características más extremas o más diferenciadas del promedio, con lo cual las novedades se perderían incesantemente.

La variación continua no tendría fuerza suficiente para producir las modificaciones necesarias que dieran origen a nuevas especies. Era necesaria una discontinuidad, una ruptura, la aparición de novedades que fueran radicales (linajes mutantes) y no conservaran la capacidad de mezclarse *a posteriori* con los individuos promedio.

Para ilustrar sus ideas, introdujo la metáfora de una piedra con distintas fases, a modo de un poliedro, que estaría asentada en un determinado momento sobre una de sus caras, representando la estabilidad morfológica y funcional que logra una especie. Cuando los individuos -de una población- sufren variaciones menores, la regresión de éstas por el apareamiento hace que la piedra no se mueva de su lugar, simplemente no tienen entidad suficiente para cambiar de lugar la piedra. Pero cuando las mutaciones son de gran magnitud, la piedra puede experimentar un gran impulso que la desestabiliza y mueve hasta que cae sobre otra faceta, volviendo a un tiempo de estabilidad. Se ha formado una nueva especie, que ahora reposará un tiempo prolongado hasta que sobrevenga un nuevo momento de máxima tensión o esfuerzo.

Con esto deja claro que, para él, la posibilidad de que la acumulación de pequeñas variaciones adaptativas terminen produciendo nuevas especies es imposible y que solo variaciones o desviaciones muy bruscas y pronunciadas tienen esa capacidad generativa. La selección natural, sostenía Galton, no puede producir esos cambios.

El gran defensor del darwinismo Thomas Huxley compartía esta idea y repetidamente señaló a Darwin que era innecesario insistir en el gradualismo, porque era un punto que debilitaba su teoría.

Evolucionando: ¿hacia dónde?

Una de las tantas interpretaciones anacrónicas que forjó la Síntesis Moderna fue juzgar a la ortogénesis (un mecanismo evolutivo alternativo a la selección natural) como una variante teísta de la evolución. Los que defendieron esta postura no eran justamente científicos creyentes y finalistas, sino naturalistas de variada procedencia, como Haacke (el que acuñó el término “ortogénesis”), Kellog, Eimer, Whitman.

La ortogénesis postula que el mundo viviente evoluciona siguiendo un impulso interno, de manera lineal, y esa misteriosa fuerza intrínseca es el único motor del cambio (no la selección natural). Las transformaciones que sufre una especie en su tránsito a otra no dependen entonces de las presiones ambientales, sino de esas fuerzas impulsoras interiores.

En ellas algunos pretendieron señalar una dirección hacia una mayor complejidad o un sentido absoluto de la adaptación –produciendo las maravillosas formas que se veían en todas direcciones en la naturaleza–, mientras otros (como Eimer) descartaban cualquier criterio de utilidad (existía una dirección, pero indeterminada).

Si el impulso llevaba a la formación de estructuras inadaptativas, la inevitabilidad de este cambio podría conducir a la extinción del linaje. Así explicaban por ejemplo la desaparición del Alce Irlandés, tal vez el cévido de cornamenta más gigantesca que haya existido. Este enorme desarrollo terminó jugándole una mala pasada a la especie porque no tenía ningún valor adaptativo, pero la deriva ortogénica le hizo crecer de un modo continuo e insostenible.

Tal impulso interno, central para la ortogénesis, implicaba variaciones evolutivas prefijadas pero antojadizas, y parecen –desde una perspectiva sociológica– constituirse en una reacción académica a los ideales progresistas de la poderosa y dominante sociedad inglesa de principios del siglo XX. Representaba además un finalismo intolerante para los darwinistas, por lo que fue descartado en el camino a la Síntesis, que retoma los postulados de variación al azar de Darwin. Curiosamente, tendrá un ligero aire de familia con las posturas restriccionistas que, a fines del mismo siglo, ponen límites al adaptacionismo extremo que apareja toda variación genética con una utilidad para el organismo. Pero la comparación termina allí.

El hiperseleccionismo de Weissman

El alemán August Weissman (1834-1914) fue otro de los naturalistas decimonónicos en buscar alguna teoría explicativa de la transmisión de la herencia. Su hipótesis central fue la del plasma germinal, sustancia que se forma durante la unión del esperma con el óvulo, y que es prácticamente inexpugnable ante las distintas influencias externas que puedan afectar al cuerpo. El germoplasma es lo único que los hijos pueden heredar de sus padres, y éste se repite a través de las generaciones, por lo que la teoría fue denominada “continuidad del plasma germinal”. Se ve con claridad que es una teoría completamente opuesta a la pangénesis de Darwin, según la cual todas las células del cuerpo eran “permeables” a las influencias del medio.

Es por esto que Weissman combatió duramente la postura de Lamarck sobre la herencia de los caracteres adquiridos, ya que los cambios que en vida el organismo

podiera sufrir no afectarían al plasma germinal que poseía, el cual sería el único patrón responsable de las características de su descendencia.

Es sustancial la intervención de este científico alemán en la aceptación del importante papel que juegan las células sexuales en la transmisión de la herencia por parte de la comunidad científica. Eran tiempos en los que se discutía muy fuertemente de qué maneras pasaban las características a la siguiente generación, aún no se conocía la noción de genes ni se identificaban los cromosomas y el ADN como portadores de la información hereditaria. En este sentido, es muy famosa su experiencia de cortarles la cola sistemáticamente a varias generaciones de ratones, a los que una y otra vez les permitía aparearse, con lo que logró demostrar que tal característica adquirida (la amputación del rabo) no pasaba a la siguiente generación. Esto lo llevó a defender radicalmente a la selección natural darwiniana, como única explicación posible de la evolución. Junto a Wallace, eran “seleccionistas” más radicalizados que el mismísimo Darwin.

El neolamarckismo no desapareció a pesar de los experimentos de Weissman; por el contrario, siguió regularmente resucitando en formas diversas y sutiles. Tal vez porque la idea de que los organismos “pueden adaptarse” para vencer las pruebas del ambiente expresaba los valores humanos más ancestrales de superación y de conquista del mundo natural (y que el imperio inglés, en la época victoriana, encarnaba perfectamente con su política imperial y su fe en el progreso).

Los biómetras

Los significados de los términos suelen ir cambiando con el tiempo. Tal es el caso de “Biometría”, que se refiere a los métodos estadísticos aplicados a investigaciones biológicas, pero también hoy se emplea para definir métodos de identificación de seres humanos (por ejemplo, a través de las variaciones individuales en las huellas digitales, o en el iris del ojo, o en las líneas de la palma de la mano). A principios del siglo XX, el concepto representaba algo bien distinto: se trataba de un conjunto de variables orgánicas o morfológicas del ser humano, también medibles, pero que pretendían ser la justificación de una diferenciación racial. Ni más ni menos que el fundamento de la eugenesia, entendida como las diferentes formas de intervención que las supuestas sociedades superiores pueden aplicar sobre los grupos humanos menos favorecidos, para una “mejora de la raza”.

Con las prácticas eugenésicas podría ahorrarse -decían- mucho sufrimiento en el mundo, al impedir que se reproduzcan personas no favorecidas o en desventaja, promoviendo en cambio la procreación de los seres más inteligentes, evolucionados y felices (que, casualmente, eran los europeos occidentales; y particularmente los anglosajones). No es necesario enfatizar las relaciones que existen entre estas hipótesis y el nazismo y las trágicas consecuencias que produjeron.

Estas aplicaciones de las matemáticas al estudio de caracteres biológicos, más allá de lo que ahora entendemos como un condenable propósito, sirvió eficazmente para impulsar una serie de avances en la estadística. Uno de los más notables biómetros fue Ronald Fisher, quien entra en esta historia a partir de su experiencia como estudiante y profesor en Cambridge, al relacionarse con los primeros genetistas genuinos que trabajaron sobre la base de las leyes de Mendel en las primeras décadas del siglo XX, luego de su redescubrimiento en 1900.

En esta universidad, Fisher conoce a Karl Pearson, brillante estadístico que se considera el fundador de la bioestadística, y *ahijado intelectual* de Galton. Cuando éste muere, deja una herencia cuantiosa, parte de la cual se destina a crear un espacio de investigación sobre eugenesia en la Universidad de Londres, y la voluntad expresa que ese puesto sea ocupado por Pearson (Fisher lo sucedería en 1933). A su vez, ambos fueron fundadores de la Sociedad de Eugenesia de Cambridge. Pearson escribe una serie de artículos conocidos como *Contribuciones matemáticas a la teoría de la Evolución*, que despertarían la curiosidad de Fisher.

Es así que Fisher pronto se convenció de las ideas mendelianas a las que buscó justificar de manera matemática utilizando los desarrollos de Pearson, e imprimiéndole su sello propio (terminaría siendo el creador de la estadística inferencial). Sentó así las bases de la que se denominaría "Genética de Poblaciones", publicando diferentes artículos fundacionales desde 1918, y coronando su tarea con la obra de 1930, *Teoría genética de la selección natural*.

En este libro demuestra que al actuar la selección natural sobre poblaciones grandes y genéticamente variadas, gracias al flujo de los genes y la desaparición de las mutaciones desfavorables, se conservarían las variaciones más favorables, y éstas (surgidas por mutación aleatoria) podrían potenciarse y aumentar su frecuencia (si la reproducción fuera selectiva).

De esta manera confirma que, ante un cambio ambiental, las frecuencias (alélicas) van a modificarse de manera decisiva, en un proceso de cambio continuo que

traerá aparejada la adaptación de los organismos a su entorno. Este mecanismo no podría conducir a otra cosa que un alto grado de adaptación al ambiente. Sin embargo, en esta obra queda vacante el problema del surgimiento de especies nuevas.

Como buen eugenista, Fisher realiza curvas de variación de determinados rasgos humanos, corroborando una y otra vez el cumplimiento de las leyes mendelianas, confirmando que las mutaciones y la selección natural son los elementos necesarios para que ocurra la evolución. Demuestra que la magnitud de la mutación es inversamente proporcional a su valor adaptativo para el organismo o, dicho de otra forma, la acumulación gradual de muchas mutaciones pequeñas tiene un valor de adaptación muy superior para una especie que unas pocas mutaciones de grandes efectos fenotípicos. También sostiene que la variabilidad interna de las poblaciones es la clave de su continuidad; entonces, cuanto mayor sea, más probabilidad tendrá la especie de evolucionar y afrontar cambios ambientales.

Debe tenerse en cuenta que, si bien sus consideraciones son aplicables a cualquier población natural, él tiene como objetivo central la mejora de la “raza inglesa” para conservar su posición de dominio en el planeta.

John Haldane, otro destacado biómetra y aristócrata inglés de la misma época, llegó a conclusiones parecidas a partir de la misma premisa del desarrollo de modelos matemáticos aplicados a la biología. En su libro de 1932, *Las causas de la evolución*, afirmaba que la teoría de la selección natural resultaría satisfactoria solo si disponía de una base cuantitativa. Igual que Fisher, demuestra que esta selección permite justificar todas las adaptaciones maravillosas que los seres vivos poseen (o su contraparte, la extinción de aquellas especies que no lograron modificar su acervo génico a tiempo), pero no funciona como un mecanismo creativo sino solo adaptativo. Es decir, que la selección natural no tiene la potencia suficiente para generar nuevas especies, solo para mejorar las ya existentes. Esto se conoció durante muchos años como la “paradoja de Haldane”, lo que mantuvo abierto el tema del origen de las especies. El “misterio de los misterios” (según palabras de Darwin), seguía sin develarse.

La gran seguridad que Haldane tenía en sus cálculos, lo llevó a afirmar: “el darwinismo ha muerto” (entendiendo por “darwinismo”, centrar la especiación en la selección natural) y, por ello, consideraba también como mecanismos evolutivos alternativos y válidos la saltación y la ortogénesis, algo bastante aceptado a principios del siglo XX.

Otro pionero de la genética de poblaciones fue el norteamericano Sewall Wright, probablemente el que más lejos llevó estos desarrollos. Creó el innovador concepto de “deriva genética” para expresar los cambios estocásticos (azarosos) que pueden producirse accidentalmente en una población, constituyendo el germen de posibles nuevas especies, dado que la frecuencia de los genes puede cambiar aleatoriamente condicionando su evolución posterior.

Este fenómeno es eficaz cuando se ve acompañado de una pronunciada reducción del tamaño de la población, dado que de allí en más dicha población puede seguir múltiples direcciones evolutivas posibles. De esta idea proceden los conceptos de *efecto cuello de botella* o de *efecto del fundador*, que explicarían cómo pequeños propágulos de una población, casi siempre localizados en los bordes de la distribución, pueden diferenciarse genéticamente de la población original y evolucionar en nuevas especies. Para que esta diferenciación suceda, es imprescindible que el flujo genético con otras poblaciones esté limitado por una buena cantidad de generaciones.

Wright también analiza las posibilidades adaptativas de la homocigosis y la heterocigosis, planteando que la primera puede ser más común en poblaciones endogámicas (de ello deduce el coeficiente de endogamia, que será una fórmula muy utilizada en investigaciones posteriores) y fuertemente reducidas en tamaño, mientras que la heterocigosis será mayor en especies de distribución extensa y flujo de genes continuo desde otras poblaciones. También señala que no todos los organismos tienen el mismo valor o “aptitud biológica”, que es la medida en que los genes de cada individuo se propagan a la siguiente generación, es decir, es una manera de medir la eficacia reproductiva (de cada individuo) y el pasaje de las variantes de genes o mutaciones que confieren mayor aptitud a los portadores a la siguiente generación.

De acuerdo con esta idea de aptitud, Wright propone una singular metáfora: que la curva de evolución de una especie conforma un *paisaje de aptitud*, en el cual se pueden observar picos y valles. Los primeros señalan algunas poblaciones que, tal vez por su ubicación marginal o un relativo aislamiento, se alejan más de las características medias de la especie mientras que los valles, en cambio, señalan condiciones en las que la aptitud promedio de la población es menor. Una población podría desplazarse (no físicamente, sino temporalmente) de un pico de gran aptitud a un valle de restricciones adaptativas, modificándose así -en condiciones de aislamiento- su acervo génico únicamente por efecto de la acción de la deriva génica. Una vez en el valle adaptativo la selección natural puede conducir, a través

de cambios en dicho acervo génico, a la población a un nuevo pico de aptitud ciertamente diferente del anterior experimentado. De esta forma Sewall Wright propone que podrían generarse nuevas especies, con lo que pretende salvar las críticas a la selección natural en el sentido de que no fuera un mecanismo “creativo”, es decir, promotor de especies nuevas.

Hay un común denominador a estos tres matemáticos forjadores de la Genética de Poblaciones: jamás hicieron un trabajo de campo o un diseño experimental para confirmar sus desarrollos “de escritorio”. De esto se encargarían otros científicos, entre los que se destacó un genetista brillante de nombre difícil: Theodosius Dobzhansky.

La evolución se reencuentra con la naturaleza

Dobzhansky fue un genetista de origen ucraniano que descolló entre los organizadores de la Síntesis Evolutiva Moderna y autor de la que tal vez sea la frase más famosa de la Biología: “Nada en la Biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución”. Su libro de 1937 *Genética y el origen de las especies* es fundacional de la Síntesis.

Hasta los 27 años trabaja en la Unión Soviética como genetista, pero una beca que le otorga la Fundación Rockefeller le permite en 1927 partir con su mujer a Estados Unidos, y ya no volvería. De haberse quedado, hubiera sido víctima del lamarckismo ideológico que impulsó Lysenko como funcionario del gobierno soviético, que rechazaba de plano las ideas darwinistas y, con la intransigencia característica del régimen estalinista, combatió fuertemente a los que opinaban distinto, castigando a brillantes científicos con la deportación o la muerte, produciendo con ello un retraso de la genética en Rusia de al menos tres décadas.

Dobzhansky se convierte en discípulo de T. Morgan, razón por la que trabaja con la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*. Pero se diferencia de su maestro en que realiza con la mosquita un prolongado y minucioso estudio de campo por toda América. Debemos a él la idea de que la evolución “es un cambio en la frecuencia de genes dentro de un *pool* genético” disponible en las poblaciones de la especie. Su principal aporte fue suministrar a la Genética de poblaciones las pruebas del mundo natural sobre las que asentar un nuevo darwinismo (que terminaría llamándose “neodarwinismo”, término que adquiriría un nuevo significado desde entonces), confirmando definitivamente a la selección natural como mecanismo evolutivo central.

Dobzhansky se inspira en las ideas de Wright, defendiendo que la deriva genética (él la llama “dispersión de la variabilidad”, pero es el mismo concepto) es el principal mecanismo “hacedor” de nuevas especies a pequeña escala, mientras que a gran escala domina la selección natural promoviendo la adaptación. Es necesario aclarar que el primer proceso también lo dirige la selección natural, pero en un contexto de fuertes restricciones del *pool* genético, que pueden reorientar la dirección de los cambios y, por lo tanto, alejarse de la frecuencia genética promedio.

Estas ideas fueron fuertemente consensuadas por todos los fundadores de la Síntesis, quienes de alguna manera evitaban diferenciar la microevolución (cambios al interior de una especie) de la macroevolución (la aparición de los grandes *phyla* o diseños naturales), idea que hasta los años 70 no fue cuestionada y hacía prácticamente innecesaria la distinción. Se trataba, para decirlo de forma breve, de cambios pequeños y acumulativos en la frecuencia genética de una población, que terminaban produciendo efectos notables en largos períodos de tiempo, por lo que permitían explicar tanto las adaptaciones menores como el surgimiento de grandes modificaciones estructurales en el mundo viviente. Estas ideas serán ampliadas en el capítulo 3.

Dobzhansky reserva un cierto papel al azar, que impone determinados rasgos morfológicos o fisiológicos no siempre adaptativos. Pero luego, con la consolidación de la síntesis, *la adaptación* va a ser la única explicación, el único destino posible para toda la tarea atribuida a la selección natural. La historia de los cambios de un grupo filético (que impone fuertes restricciones a las posibilidades evolutivas) se desprecia en beneficio del ensalzamiento de niveles progresivos de adaptación a las condiciones que el ambiente impone, en los grupos exitosos.

Antes que nada, este brillante “genetista de campo” fue un excelente popularizador de la teoría de la evolución, además de realizar las conexiones que faltaban para cohesionar la genética y el darwinismo (hasta ese momento considerado “pasado de moda”). Los fundadores de la Genética de Poblaciones trabajaban con un lenguaje hermético, fuertemente matemático, y alejado de la contrastación empírica, pero Dobzhansky construyó los puentes que faltaban. Convenció a toda una generación de jóvenes y brillantes investigadores de que una síntesis creativa era posible y, con ello, la apertura de un programa de investigación productivo. Entre esos jóvenes y prometedores evolucionistas, descollaron el paleontólogo Georges Simpson, el botánico Ledyard Stebbins, el zoólogo Ernst Mayr y el autoproclamado “vocero” del neodarwinismo: Julian Huxley, nieto del “*bulldog* de Darwin”.

La Síntesis, un nuevo paradigma

Ernst Mayr vivió 100 años (murió en 2005) y atravesó todas las etapas de conformación del neodarwinismo a lo largo de siglo XX. A fines de la década del 30, ya estaba convencido de que la selección natural era el mejor mecanismo posible para explicar la evolución de las especies, y la obra de Dobzhansky le brindó los conceptos definitivos para su propia síntesis.

En 1942 publica *Sistemática y el origen de las especies*, en la que entre otras cosas, define a las especies como “grupos de poblaciones naturales en los que real o potencialmente existe la procreación endogámica y que para su reproducción están aislados de otros grupos como el suyo”. Esta idea, denominada *concepto biológico de especie*, continúa siendo utilizada hoy en día, seguimos considerando a la especie como un grupo relativamente homogéneo de individuos que se reproducen entre sí y que están aislados reproductivamente de otros, por lo tanto es un conjunto discreto, una unidad evolutiva. Claro está que esto deja afuera algunos fenómenos de la vida, como los seres de reproducción asexual, los organismos fósiles de cualquier época, y los muchos casos de hibridación interespecífica que -sobre todo en las plantas- son perfectamente posibles y muy frecuentes. Pero en líneas generales, es una idea que funciona. (Ver capítulo 4)

Por ello Mayr afirmaba que, para explicar el origen de una nueva especie, bastaba que un grupo determinado (de cualquier tamaño) alcanzara su aislamiento reproductivo respecto de la población ancestral. Ello se conseguía cuando por una cierta cantidad de generaciones se interrumpía el flujo génico con otras poblaciones por la aparición de una barrera física, con el advenimiento de diferencias comportamentales, ecológicas, que impiden el apareamiento entre poblaciones divergentes o porque el híbrido entre las poblaciones es o bien estéril o bien inviable. No importaba para el caso la naturaleza original del proceso de aislamiento, sin que se pudiera prolongar el tiempo necesario para que se instalaran barreras que impidieran la reproducción.

La vida es cambio permanente, y las subpoblaciones de una especie están acumulando variaciones continuamente, en uno u otro sentido. Estas condiciones singulares que pueden producirse en determinados ambientes y en etapas específicas de la historia de la Tierra, pueden dar lugar a la diversificación en respuesta a características particulares de cada ambiente. Esto es lo que se conoce como *radiación adaptativa*, otro de sus conceptos populares (ver capítulo 3). Todo está regido por la

selección natural, que produce los ajustes de cada población a su ambiente a partir de la materia prima que produce la variación y los va acumulando continuamente.

En cambio, para el paleontólogo Georges Simpson el gradualismo defendido por Mayr era todo un desafío mental, puesto que no tenía chances de modificar el registro fósil, que seguía mostrándose persistentemente discontinuo (siempre han faltado piezas clave en la evolución de muchos grupos, los famosos ‘eslabones perdidos’). Pero encontró un argumento (puramente teórico) a favor en la deriva genética: este proceso germinal de nuevas especies era muy localizado y rápido, por ende, afectaba a poblaciones muy pequeñas que difícilmente estarían representadas en un registro fósil tan reducido y fragmentado. Sería extremadamente difícil hallarlos. Aunque usufructuó todo lo posible aquellos casos en los que sí se veía una progresión (*Archaeopteryx*, los caballos, ciertos grupos de *ammonites*), sostuvo que lo que se conocía hasta el momento de los fósiles que testimoniaban la historia de la vida era perfectamente coherente con la Síntesis que se estaba forjando.

En su libro de 1944, *Tiempo y modo en evolución*, Simpson toma base en el concepto de heterocigosis de Dobzhansky para argumentar que, en la medida en que una especie acumula variación genética al interior de sus individuos, en ciertos momentos dicha variación puede disparar procesos de transición rápidos en poblaciones pequeñas, con cambios relativamente abruptos; a este proceso lo llamó *evolución cuántica*. La mecánica cuántica era un notable desarrollo de esa época, y Simpson estaba muy orgulloso de extrapolar el concepto a la Biología. Veía la transformación y generación de nuevas especies como “paquetes” que se producían en momentos rápidos y poblaciones aisladas. Pero posteriormente, abandona casi por completo su defensa de esta idea, ya que el resto de los fundadores de la Síntesis con los que se alineó insistieron en un gradualismo estricto, de la mano de la selección natural. En sucesivas ediciones de su obra principal, Simpson desprecia aquel concepto y acuerda con el resto.

El botánico Ledyard Stebbins publica en 1950 su obra más importante *Variación y evolución en las plantas*, con la que también logra encorsetar la variedad del mundo vegetal en los conceptos de mutación, hibridación, aislamiento reproductivo y selección gradual.

Todos ellos celebraron en 1959 el centenario de la publicación de *El origen...* con la certeza de haber refundado el darwinismo y consolidado su poder explicativo para abarcar toda la diversidad y maravilla de la vida. Darwin se hubiera sentido orgulloso...

Una síntesis de La Síntesis

El nombre de Síntesis Moderna, o Teoría Sintética, se debe al título de su libro *Evolución: la Síntesis Moderna*, de 1942, obra que promedia una larga carrera como divulgador científico de excelencia, más que como investigador. Nieto de Thomas Huxley, y perteneciente a una familia de intelectuales británicos muy reconocidos, renunció a fines de los años 40 a su carrera de científico, para dedicarse a la popularización de la ciencia como motor del progreso, y a tareas humanitarias y de conservación ambiental que lo llevaron, entre otras cosas, a participar de la fundación de la UNESCO y de la institución conservacionista más importante del mundo, el *World Wildlife Found*. Gracias a sus esfuerzos, pudieron conservarse como parques nacionales enormes extensiones de la sabana africana que alberga la megafauna de ese continente (por ejemplo, el Serengeti) hasta el día de hoy. Julian Huxley no hizo aportes académicos estrictos a la formación de la Síntesis, pero fue un entusiasta defensor de la misma; su hábil pluma estuvo a su servicio.

Aunque un resumen de la Teoría Sintética será inevitablemente empobrecedor, es este un buen momento para mencionar algunos de sus tópicos fundamentales:

- Las mutaciones, ya sean puntuales (a nivel de nucleótidos individuales), ya sea de mayor magnitud (cromosómicas) constituyen la materia prima de la evolución.
- Estas mutaciones se producen espontáneamente, sin ningún tipo de dirección (lo cual refuta definitivamente al neolamarckismo y la ortogénesis) y su aparición sigue un ritmo constante.
- La recombinación cromosómica, así como la reproducción sexual, agregan variabilidad al interior de una especie.
- Algunas de esas mutaciones aumentarán la probabilidad de supervivencia del organismo que las posea, así como su eficacia reproductiva. La supervivencia puede ser el efecto de una serie muy variada de factores: la competencia intraespecífica (por los mismos recursos, por las hembras), la resistencia a enfermedades, a condiciones ambientales críticas y variables (climatológicas, depredatorias).
- El aumento de la capacidad de supervivencia generará una mayor posibilidad a la siguiente generación de heredar esas mutaciones favorables, las que se irán extendiendo hasta hacerse cada vez más frecuentes. Las frecuencias génicas de la población irán cambiando en el tiempo, con la incorporación y generalización de las mismas.

- Las presiones selectivas pondrán a prueba la dotación genética de una población una y otra vez, configurando un cierto recorrido evolutivo y una variación permanente. Más allá de que puedan distinguirse distintas modalidades de acuerdo a la supervivencia de unas secciones de la distribución u otras, todo cambio está dominado por la acción de la selección natural, que imprime a la población una progresiva adaptación al medio. Mientras que la variación es un proceso azaroso, la selección natural no lo es.
- Los cambios en las frecuencias génicas de las poblaciones son graduales y acumulativos (se entiende por frecuencia génica la distribución de los alelos más y menos comunes en una población o *pool* genético), y pueden explicar en períodos más cortos los procesos microevolutivos, así como en el largo plazo el desarrollo de grandes cambios estructurales (como los que originaron las clases y los *phyla*). No hay más que una distinción temporal entre micro y macroevolución, ya que el mecanismo rector es el mismo.

La Síntesis Moderna, con su extraordinario alcance y potencial para disparar una enorme cantidad de investigaciones, mantuvo su hegemonía por tres décadas, incluso podemos admitir que en sus lineamientos generales sigue siendo la Teoría de la Evolución por excelencia. Su instauración tuvo que ver con las obras fundacionales citadas en párrafos anteriores, con el congreso desarrollado en la universidad de Princeton en 1947 que posibilitó los acuerdos centrales entre los protagonistas, y la gran visibilidad que le dieron los festejos del centenario de la gran obra de Darwin (en 1959). Una vez establecida esta “nueva versión” del darwinismo se reinterpretaron viejos descubrimientos y muchos se dieron a la caza de nuevos elementos probatorios. Un ejemplo muy difundido fue el de la polilla del abedul (*Biston betularia*), ejemplo canónico de la evolución en acción. Pero otro no menos importante surgió de un nuevo estudio del caso-emblema del viaje de Darwin, los famosos pinzones de las Galápagos, conocidos luego como los pinzones de Darwin. ¿O deberíamos decir mejor “los pinzones de Lack”?

Los desconcertantes pinzones

Hasta la década de 1930, el estudio de los pinzones de las Galápagos se había basado en las colecciones que sucesivamente se habían recolectado de estas aves en los viajes a las islas, comenzando por la que hiciera el mismo Charles Darwin y

que descansaban en los principales museos de Europa. Pero nadie atinaba a explicar, a falta de una teoría evolutiva dominante, el mecanismo que permitió que una única familia de aves diera lugar a tanta diversidad en las islas a partir de -se especulaba- la llegada de una especie de pinzón continental.

Las estimaciones de la cantidad de especies de pinzones en las Galápagos diferían entre una docena hasta 40 variedades diferentes, que se distribuían en unas islas ciertamente diminutas, en muchos casos solapándose. Recordemos que en su diario de viaje Darwin no advirtió la importancia de estas aves, solo tardíamente insinuó que podían constituir una clave para explicar la evolución. Pero 50 años después de su muerte, esa escandalosa variedad de formas que mostraban seguía aún sin poder ser explicada.

Los principales evolucionistas de la época coincidían en que debía estudiarse a los pájaros en su ambiente natural, por lo que el ornitólogo británico Percy Lowe sugirió, para zanjar definitivamente la cuestión, comisionar a alguien a hacer el trabajo de campo. Julian Huxley aprovechó sus influencias para conseguir los fondos y designó a quien estaría a cargo del trabajo: un excelente observador aficionado de aves y profesor de escuela, David Lack. En 1938 partió hacia las islas y durante cuatro meses realizó sus observaciones, que complementó con una estadía en Estados Unidos donde conoció a Ernst Mayr, de quien aprovechó las observaciones sobre el tema (la ornitología era una de sus especialidades).

Lack fue sumamente eficaz en el cumplimiento de sus objetivos. Determinó que existen 14 especies en total, a las que agrupó en 4 géneros principales. Las diferencias se encuentran sobre todo en el tamaño y en la forma de sus picos, que parecen ajustarse a las características de los diferentes alimentos disponibles en cada hábitat que colonizaron. Sostiene la idea que su diversificación fue posible gracias a la ausencia de otras especies de aves que estuvieran ocupando previamente esos nichos ecológicos. Incluso encontró paralelos anatómicos entre algunos de los pinzones con aves más especializadas, como los pájaros carpinteros o los gorjeadores. En la mayoría de los casos, la variación del grupo fue consolidando subgrupos que portaban diferencias más marcadas vinculadas al uso de distintos tamaños de semillas como recursos alimentarios: pequeñas, medianas, grandes. Otros se especializaron en hojas o distintos insectos.

Lack supone que en etapas posteriores a la primera inmigración, algunas variedades de estas aves colonizaron otros sectores de las mismas islas que habitaban

(u otras islas), encontrándose con variedades que ya se habían asentado allí. Pero un comportamiento reproductivo básico de las hembras -la selección del macho reproductor por la forma de su pico- no solo impidió que se perdieran las características distintivas de cada variedad sino que, por el contrario, se acentuaran. El rasgo distintivo es el pico, aunque los procesos evolutivos no han sido lo suficientemente prolongados como para generar mayores diferencias morfológicas o de coloración. Pese a ello, Lack se anima a sugerir un esquema de posible derivación de los pinzones actuales a partir de un pinzón ancestral, siguiendo tres ramas principales.

La explicación de Lack, publicada originalmente en 1950 y mayormente difundida en *Scientific American* en 1953, le valió el reconocimiento generalizado de los científicos del mundo, y les proporcionó a los partidarios de la Síntesis un excelente ejemplo de evolución con el que prontamente convirtieron a los pinzones en un clásico. Y pensar que Darwin apenas los tuvo en cuenta.

Lo esencial es invisible a los ojos... y al fenotipo

La genética parecía haberse unido al darwinismo de forma tan íntima y fecunda que muchos auguraban un largo futuro a esa sociedad. Los espectaculares 50s y 60s alumbraron los grandes descubrimientos que la biología molecular estaba necesitando para constituirse como disciplina científica: la estructura del ADN, el código genético y la síntesis proteica. Surgen entonces nuevas técnicas para estudiar el ADN y las proteínas, que rápidamente se vuelven rutinarias. En sendos laboratorios de Francia y Japón, Gustave Malecot y Motoo Kimura sientan las bases de una nueva interpretación del papel de la mutación y el origen de la variabilidad en el *pool* genético de las especies, lo que terminaría denominándose “teoría neutralista” de la evolución. Y esta teoría provocaría un enorme cimbronazo a los sólidos acuerdos de la Síntesis.

Básicamente, los neutralistas defienden que la mayoría de las mutaciones (cambios aleatorios en el ADN) que se encuentran en estado polimórfico en las poblaciones naturales o que marcan diferencias entre especies, no afectan, ni positiva ni negativamente, y por lo tanto, se dice que son neutras y que resultan “invisibles” a la selección natural. Es más, sostienen provocativamente que, visto el grado de variación intra e interespecífico a nivel del ADN, si todas las mutaciones hubieran pasado por el tamiz de la selección, los organismos individuales y las especies que constituyen no podrían haber soportado esta permanente *revisión* de sus condiciones adaptativas.

Esto equivale a decir que no habría ninguna estabilidad reproductiva que permitiera categorizar un grupo como especie y, en consecuencia, las especies no existirían.

Estos genetistas descubrieron un fenómeno que había permanecido oculto a los forjadores de la síntesis, que resolvía la *paradoja de Haldane*: las tasas de mutación de prácticamente todas las especies son muy altas. Por lo tanto, buena parte de esas variaciones no afectan el valor adaptativo.

Aplicando técnicas y formulaciones probabilísticas, afirman que solo un porcentaje mínimo de esas mutaciones tiene verdaderamente un efecto fenotípico, que es donde la selección natural puede actuar realmente. Por ello, el papel de la misma en la regulación de los niveles de variación genética se reduce considerablemente, aunque los neutralistas no niegan que la selección natural cumple un papel central, que queda limitado fundamentalmente al azar de la aparición de mutaciones favorables.

Hay algo más, no menos importante. Algunas de estas mutaciones neutras que se encuentran en tránsito hacia la fijación o pérdida en las poblaciones podrían llegar a adquirir algún valor adaptativo, perjudicial o ventajoso frente a cambios ambientales. Aunque es imposible de predecir dicha utilidad, las mutaciones neutras constituyen una porción de la variabilidad interna que a nivel molecular puede ser tan o más importante que la variación adaptativa presente en la población.

Algunos pensaron que los neutralistas pretendían atacar a la Síntesis Moderna. Nada más errado. Kimura tuvo que aclarar muchas veces que seguía defendiendo el importante papel de la selección natural a nivel orgánico (cribando lo que se expresa en el fenotipo), pero insistía que poco podía hacer en el plano molecular. Allí funcionan otras reglas, no-darwinianas. A pesar de la notable claridad con que expusieron sus ideas los neutralistas, no pudieron impedir que más adelante se siguiera debatiendo acerca del nivel en que actúa verdaderamente la selección; un aporte fundamental a la confusión general lo realizaron Hamilton y su heredero, Richard Dawkins, autor de un libro con uno de los títulos más seductores de la historia de la divulgación científica: *El gen egoísta*.

El altruismo y los genes egoístas

William Hamilton, biólogo evolutivo británico, publica en 1964 un artículo pionero en el que describe lo que, hasta ese momento, constituía un rompedero de cabezas para todos los teóricos de la evolución, desde el mismo Darwin: el “com-

portamiento altruista” observado en algunas especies, en particular en mamíferos e insectos sociales. Hamilton demostró, tanto matemáticamente como en el campo, que en esos casos singulares la selección natural no actúa a nivel individual, sino familiar, y utiliza el concepto de “selección de parentesco” (acuñado por el biólogo contemporáneo John Maynard Smith) para expresarlo.

Cuando en una especie ciertos comportamientos ponen en riesgo a algunos individuos en beneficio de otros se habla de altruismo. Supongamos una especie de ave en la que los chillidos de una de ellas alerta al resto de la población de la presencia de un depredador, pero a la vez orienta a dicho depredador acerca de su localización. Aparentemente, los genes que inducen ese comportamiento favorecerían su rápida eliminación, con lo que tal conducta debería desaparecer. Pero no será así cuando los beneficiarios de este comportamiento son integrantes de la familia del ave “altruista”, con la que comparten muchos genes. De este modo, con los sobrevivientes lograrán entonces que la frecuencia de esos genes aumente en la población.

Mediante el uso de modelos matemáticos, Hamilton demuestra que se comparten más genes altruistas cuanto mayor es la proximidad de parentesco entre el individuo que se “sacrifica” y el que se “salva”. Es bastante difundida en los textos de biología que tratan el tema su frase: “nadie está preparado para sacrificar su vida por salvar una sola persona, pero cualquiera la sacrificaría si con ello puede salvar a más de dos hermanos, o cuatro medio hermanos, u ocho primos hermanos.

El comportamiento altruista parece llevado al extremo en los insectos sociales, en los que los individuos son prácticamente descartables si ello fuera necesario para salvar a la reina y de alguna manera puede leerse como una *tiranía* de los genes, que manipulan al organismo que los porta para reproducirse infinitamente como máquinas replicadoras. La frase “el huevo utiliza a la gallina como una máquina autómatas, para producir otro huevo”, representa de algún modo la visión mecanicista (y fuertemente reduccionista) que está detrás de esta idea, y se evidencia con solo reemplazar *huevo* por *gen*.

Más adelante (1976) Dawkins, dotado de una prosa maravillosamente persuasiva, desarrolla la idea, considerando a todos los seres vivientes como meras *máquinas de supervivencia* a merced de los replicadores inmortales, los genes, que serán los únicos que se perpetuarán en el correr de las generaciones. Dawkins aprovecha una época en la que la ciencia y la opinión pública eran más proclives a creer que todos los fenómenos biológicos podrían tener una explicación genética (determinismo genético).

Otro científico notable, Stephen Jay Gould, se enfrentó a esta idea, defendiendo la concepción germinal (darwiniana) de selección a nivel del individuo, o incluso de grupo en algunos casos (defendidos por la sociobiología, como los de las conductas altruistas ya mencionadas), pero argumentando que la selección no puede “ver” los genes, solo sus efectos. La discusión continúa y tendrá su espacio más adelante en este libro.

Piedra libre al Doctor Pangloss

En un notable artículo originalmente titulado *The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme* en el mundo hispano como *La adaptación biológica* (publicado en el N° 22 de la Revista *Mundo Científico*), *Gould se asocia con Richard Lewontin para hacer una fuerte crítica a la desmesura adaptacionista de la Síntesis. Concretamente, acusa a esta versión monolítica del neodarwinismo de ser exageradamente adaptacionista, o lo que es lo mismo, de interpretar todo fenómeno o forma viviente como adaptación, obtenida por medio de la selección natural.*



Figura 2.1: Stephen Jay Gould (1941 – 2002)
Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/Stephen_Gould
(Consulta en Agosto de 2011)]

A primera vista, el planteo no parece razonable. ¿Es que se puede imaginar la evolución de alguna otra forma que no sea produciendo adaptaciones en el mundo viviente? Después de todo, desde el mismísimo Darwin se venía sosteniendo esto: frente a la notable variabilidad azarosa que se produce al interior de cada especie, la selección natural actúa continuamente seleccionando individuos portadores de las características fenotípicas que proporcionan ventajas frente a los requerimientos del ambiente. Así la especie evoluciona y adquiere características cada vez más maravillosas, aunque siempre sosteniendo que no era un proceso dirigido, sino natural. No había nada inusual en esta forma de plantearlo.

Rápidamente y para disipar dudas, los autores se declaran a favor de la selección natural, pero denuncian un uso desmedido de los argumentos para explicar *todo* (toda característica anatómica o fisiológica) como producto de una carrera adaptativa. Este exceso -sostienen- condujo a "atomizar" a los individuos en partes, para cada una de las cuales se buscaba una explicación en función de un valor adaptativo que, en muchos casos, terminaba siendo forzado.

Por ejemplo, el "oso panda" cuenta con una excrescencia ósea en uno de sus huesos carpianos, que utiliza con destreza para manipular las ramas de bambú (su alimento casi exclusivo), a las que apoya en dicha deformación a modo de un sexto dedo *guía*. Este dedo falso forma entonces una *ranura* que le permite correr prolijamente la ramita mientras la va deshojando. Este caso, que dio título a la obra *El pulgar del panda* (Gould, 1983a), sería interpretado livianamente por los "adaptacionistas" (los autores de la primera versión de la Síntesis y más acá en el tiempo Maynard Smith, Hamilton y Dawkins) como una adaptación resultante de la selección de variantes genéticas que habrían permitido cumplir esa función final (presuponiendo efectivamente que hay una "función final" que está prevista desde el principio del proceso, aún en los estados intermedios de formación de la estructura).

Esta idea adaptacionista -según Gould y Lewontin- es un pensamiento finalista equiparable a las reflexiones de un personaje de literatura, el doctor Pangloss, con el que Voltaire caricaturizó a Leibniz, presentándolo con una fuerte e ingenua creencia en la finalidad de las cosas para el mayor bien o mejor función posibles. Según el doctor Pangloss, la presencia de nuestra nariz podría explicarse por su utilidad para "apoyar las gafas" y, seguramente, se le ocurriría una buena razón para justificar por qué el número ideal de dedos para nuestras manos es 5 (en algún lugar podría estar escrito o determinado que era el mejor número posible para utilizar el sistema decimal).

Fácilmente se advierte que es una inversión del argumento. No hay motivos absolutos para fundamentar la presencia o no de una determinada *adaptación* (los dedos de la mano son 5 porque algún ancestro anfibio primitivo quedó determinado por esta disposición, pero podrían haber sido 7, 8 o 10); en esta arquitectura del cuerpo entran a jugar factores que no son solo la *capacidad adaptativa* (aunque por supuesto, ella cuenta), sino también la historia genealógica del grupo, las *constricciones* (límites) a las formas posibles dadas por el genotipo y el desarrollo y, en buena medida, el azar. En los últimos años se han descubierto varios anfibios paleozoicos con más de 5 dedos, pertenecientes a una etapa evolutiva del grupo en la que este rasgo aún no era dominante; las razones por las que se impuso pueden resultarnos del todo extrañas, porque las condiciones ambientales y de restricción de la forma en que se dio el proceso, nos son desconocidas.

Gould y Vrba llaman “exaptación” a cualquier estructura que originalmente habría sido seleccionada para cumplir con otra función o que era neutra y que mucho tiempo después (tal vez millones de años) es cooptada para cumplir otra función diferente que proporciona una ventaja al portador. Un ejemplo bien documentado es el oído de los vertebrados, que comenzó siendo una apertura branquial, o la actual vejiga natatoria de los peces teleósteos que seguramente surgió de auténticos pulmones en peces pulmonados primitivos. Mucho se ha discutido acerca de la función original que pudieron tener las primeras plumas reptilianas (dimorfismo sexual, retención de calor, refrigeración, etc.), aunque luego hayan servido a las aves como una adaptación para el vuelo (nótese que en cualquier texto escolar de biología del nivel medio del sistema educativo figuran las plumas como adaptación de las aves para el vuelo, como si siempre hubiera sido así...).

Es necesario aclarar que la selección natural, para estos investigadores, sigue teniendo un papel central, pero no es el único mecanismo interviniente en la evolución de los seres vivos y mucha menor importancia aún tiene en la aparición de las grandes clases de organismos (los fenómenos macroevolutivos de los que se habla en el capítulo 3). La Síntesis Moderna fue tan eficaz en transmitir lo que se dio en llamar el *programa adaptativo* inherente a todos los procesos evolutivos que no pareció quedar lugar para otras dinámicas de cambio.

En cuanto a las constricciones (limitaciones que el genoma o el desarrollo embrionario imponen a la aparición de “novedades” evolutivas) no deben despreciarse, porque modelan lo que es posible y lo que no lo es. Sería más práctico para deli-

nes y ballenas contar con branquias, pero allí están los pulmones como una rémora ineficaz. O para los topos desembarazarse definitivamente de esos ojos inútiles, estructuras que igualmente forman gastando una valiosa energía, la que podría aprovecharse en otras funciones. Y, si la adaptación fuera el mecanismo explicativo omnipresente de todo cambio necesario, ya deberíamos estar contando con más dedos para alcanzar una mejor eficiencia en la escritura a máquina, que nos permita redactar este texto a una mayor velocidad. Pangloss estaría satisfecho, todo ha sido modelado para bien.

La naturaleza convulsiva

Darwin era un gradualista convencido. Esto ha sido interpretado por sus biógrafos no como un resultado de un análisis basado en evidencias (el registro fósil, por el contrario, abunda en rupturas, saltos, especies que “aparecen de la nada” y otras que se esfuman bruscamente), sino como una convicción de la época, reflejada en la creencia que manifestara muchas veces en sus cartas de que “la naturaleza no da saltos”. Si bien la concepción de Darwin era contraria a la evidencia provista por el registro fósil, confiaba en que el registro se completaría más adelante con nuevos descubrimientos, revelando el cambio continuo y permanente de la vida, manifestando las formas intermedias que, tercamente, se han resistido a aparecer.

En 1972, Stephen Gould y Niles Eldredge propusieron (en un artículo titulado *Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism*) que las formas de transición tan ansiosamente buscadas no aparecerían jamás, porque el cambio evolutivo ocurre abruptamente. La teoría sintética desde los años 40 reafirmaba la postura darwinista del gradualismo, pero estos autores rompen la tradición sosteniendo que las especies pueden permanecer estables (sin mayores cambios) durante períodos muy prolongados (estasis) interrumpidos por momentos de cambio muy rápido y brusco de formación de nuevas especies, o transformación de las ya existentes. Cambio rápido debe entenderse en términos de tiempo geológico, puede requerir algunas decenas de miles de años, pero en el registro fósil es suficientemente repentino como para hacer extremadamente raras las formas fósiles intermedias. Simplemente, viven un tiempo demasiado breve como para dejar un testimonio fósil abundante, entonces “parece” que hay un brusco salto de una especie a otra.

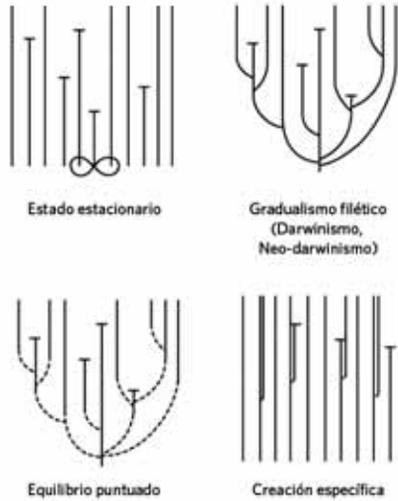


Figura 2.2: esquemas de gradualismo, equilibrio estacionario, equilibrio puntuado y creacionismo. Fuente: http://www.sedin.org/propeesp/X0021_04.htm] (Consulta Agosto de 2011).

Una fuente clave en este desarrollo fue el minucioso estudio que realizó Eldredge sobre la evolución de un grupo de *Trilobites* (artrópodos fósiles del paleozoico), en los que concienzudamente intentó localizar evidencias de transiciones graduales en el registro, sin éxito. Tanto en las colecciones disponibles, como en los estudios de campo, encontró repetidamente “saltos”, o lo que luego llamaría “registro puntuado”, bruscos cambios de formas ya completamente definidas que desplazaban totalmente a otras precedentes. La evolución ocurriría así por convulsiones, momentos breves y “revolucionarios” de cambio, seguidos por largas etapas de tranquilidad (estasis).

Gould lo expone con toda claridad en *El pulgar del Panda*:

“La historia de la mayor parte de las especies fósiles incluye dos características particularmente incongruentes con el gradualismo: 1. Estasis: La mayor parte de las especies no exhiben cambio direccional alguno en el transcurso de su estancia sobre la tierra. Aparecen al registro fósil con un aspecto muy similar al que tienen cuando desaparecen; el cambio morfológico es normalmente limitado y carente de orientación. 2. Aparición repentina. En cualquier área local, una especie no surge

gradualmente por una continua transformación de sus antecesores; aparece de golpe y 'totalmente formada' " (Gould, 1983a, pág.192).

Para explicar esta formación rápida de nuevas especies, recurren al modelo elaborado por Mayr (especiación alopátrica) de grupos aislados geográficamente, con reducción importante del tamaño efectivo de la población y por ello con buenas posibilidades (en caso de que sorteen la extinción) de que sea la deriva génica la que gobierne el cambio evolutivo. Como en una especie bien extendida muchos grupos pueden quedar geográficamente aislados más o menos al mismo tiempo, la especiación puede darse de manera ramificada y no lineal (filética) como proponía el gradualismo. Por ello puede decirse que el modelo de equilibrio puntuado no se refiere solo al ritmo en que ocurre el cambio evolutivo, sino también al modo en que tiene lugar.

Esta propuesta disparó fecundas investigaciones y reinterpretaciones de los descubrimientos fósiles; es necesario reconocer que en algunos casos se constata el gradualismo mientras en otros la única explicación posible es el puntuacionismo. Tal vez, como sostiene Gould, en un futuro cercano pueda definirse una mayor frecuencia relativa de uno u otro proceso para explicar los testimonios fuertemente fragmentados que nos han llegado de la historia de la vida. Que, está claro, no es en absoluto predecible ni reductible a un único modelo explicativo.



CAPÍTULO III

Tiempo y modo de evolución

Cecilia Rosso

El tiempo geológico y su relación con las ideas evolutivas

¿Cómo construir en nuestras mentes las ideas evolutivas que desafiaron al mundo moderno? ¿Cómo nos imaginamos la evolución? Al intentar responder, surge la necesidad de pensar en términos de tiempo, ritmo y modo de cambio. El tiempo como tiempo geológico, el ritmo cómo gradual o por saltos y el modo, refiriéndose a los procesos que intervienen. Pero ¿a qué se refieren estos términos? ¿Qué se entiende por evolución gradual o por saltos? ¿A cuánto tiempo equivale un salto? ¿Es instantáneo? ¿Qué procesos participan en la evolución y cómo? En este capítulo se amplía el análisis evolutivo de la dicotomía sobre el tiempo y modo de evolución que se inició, desde una perspectiva histórica, en el anterior. Se presentan ejemplos e interrogantes como aproximación al estudio del tema.

El tiempo geológico implica organizar los eventos o fenómenos en una escala de amplio alcance. Ya los años, décadas y siglos no son relevantes. Hoy se estima que han transcurrido 4600 millones de años desde la formación de la Tierra. Ante esto, los geólogos y paleontólogos de la modernidad proponen nuevos criterios etarios, como, por ejemplo, los eones, eras, períodos, épocas, edades, cronos. El eón es el mayor intervalo en la escala del tiempo geológico. Por ejemplo, los denominados Arqueozoico, Proterozoico y Fanerozoico. Los eones se dividen en eras, definidas a partir de grandes discordancias geológicas que coinciden con gigantescas extinciones biológicas. Así, el eón Fanerozoico está integrado por eras: la Paleozoica, la Mesozoica y la Cenozoica. Éstas, a su vez, están divididas en intervalos de tiempo cada vez más pequeños, como los períodos y las épocas.

Esta manera de organizar el tiempo permite que el trabajo de geólogos y paleontólogos implique reconocer en cada fósil hallado no sólo sus características morfológicas, sino también su historia -e interpretarla de acuerdo a su concepción del ritmo evolutivo-. Esta noción referida a la ocurrencia de los cambios, planteó y sigue planteando varias controversias, que representan el sentido real de la construcción del conocimiento científico, en el que no se da la posibilidad de encontrar ideas únicas e individualizadas. Desde *El Origen* de Darwin hasta la actualidad se discute sobre el ritmo evolutivo y su incidencia en la génesis de las especies. En base a lo enunciado, y como ya se expuso en el capítulo 2, podemos diferenciar dos corrientes que, desde los orígenes del debate, estuvieron presentes: el gradualismo y el saltacionismo.

La corriente gradualista afirma que el ritmo de cambio de los seres vivos es lento, lineal y con variaciones que se acumulan en el tiempo. Esta característica no surge espontáneamente en el pensamiento de los naturalistas del siglo XIX; el esencialismo y el fijismo, pensamientos de la época, influyeron en su constitución. Por otro lado, el saltacionismo visualiza un cambio evolutivo rápido en diferentes niveles de análisis. Se debe hacer una salvedad, ya que muchos científicos que adhieren al saltacionismo, también consideran válidos algunos otros aspectos del gradualismo, y viceversa. Analizaremos estas corrientes de pensamiento a lo largo del capítulo.

Las primeras explicaciones

La filosofía del esencialismo dominó el pensamiento occidental durante más de 2000 años. Aplicada a la naturaleza, determinaba que los seres vivos son un reflejo de un número limitado de esencias constantes y nítidamente delimitadas, por lo que se atribuían las variaciones a los reflejos imperfectos de las esencias. Las especies eran definidas por características constantes nítidamente separadas unas de otras. Los fijistas consideraban a Dios como creador de cada especie y como éstas eran perfectas e inmutables, se han mantenido sin cambio desde el acto creador.

Del fijismo a la variación

Darwin logró sustituir la idea del fijismo por la noción de transformación de las formas vivientes a partir de la variación y la lucha por la existencia, en un mundo cambiante que no tiene finalidad.

En este momento histórico (primera mitad del siglo XIX) los aportes geológicos marcaron el inicio del cambio. Una corriente denominada uniformista, desarrollada por James Hutton, proponía que los procesos naturales que actuaron en el pasado son los mismos que actúan en el presente, quedando registrados en las características de las rocas como prueba irrefutable de la evolución lenta y constante. Charles Lyell amplió las fronteras de la percepción científica sobre la probable edad de la Tierra porque, para que los agentes modeladores (lluvias, cursos de agua, vientos, entre otros) lograran su efecto, necesitarían mucho más tiempo que 6000 años de antigüedad como entonces se le atribuía.

Un contemporáneo a los geólogos mencionados, George Smith, basa sus estudios en recoger muestras de fósiles de diferentes estratos geológicos y compararlos, estableciendo similitudes, diferencias y relaciones evolutivas.

Con anterioridad al surgimiento de estas ideas gradualistas, Cuvier había desarrollado en 1812, la teoría de las catástrofes o revoluciones. Los fenómenos catastróficos eran la base por la cual se formaba o desaparecían las montañas o las especies. Un período geológico terminaba con la desaparición masiva de flora y fauna, y se iniciaba otro con la creación de nuevos organismos.

El uniformismo de Lyell influyó notablemente en Darwin, al punto que éste trasladó sus ideas (enunciadas en su libro *Principios de la Geología* que leyó en el viaje del Beagle) a la biología, para explicar la gradualidad de los acontecimientos. Refuerza este concepto con argumentos tomados del registro fósil, la anatomía comparada, la domesticación y la distribución de las especies, entre otros.

Cada estudio, pensamiento e interrogante permitió en la época instalar, desde la certeza o incertidumbre, la posibilidad de cambio en las especie. Idea que se fue constituyendo ante cada nueva investigación.

La gradualidad como modelo del ritmo de la evolución

Es común considerar como un ejemplo evolutivo gradual el origen de los mamíferos. Estos evolucionaron a partir de un grupo de reptiles (los *terápsidos*¹). Hace

1 Los terápsidos, que significa con arcos de mamíferos, fueron unos reptiles que vivieron durante los períodos Pérmico y Triásico. Según se deduce de las modificaciones esqueléticas que sus restos presentan en relación con los reptiles de otros grupos, dieron origen a los mamíferos.

360 millones de años, surgen de los tetrápodos reptiliformes, los amniotas. Éstos se caracterizaban porque su embrión desarrollaba tres envolturas que le permitían crear un medio acuoso en el que podían respirar y alimentarse, esta adaptación les permitió la reproducción ovípara en un medio seco y terrestre, además de otras adaptaciones relacionadas a su interacción con el ambiente y reproducción. Transcurridos algunos millones de años, fueron diferenciándose en dos linajes: los sinápsidos y los saurópsidos. El primero daría origen a los mamíferos de la actualidad.

Ciertas adquisiciones de la organización de esta clase ya se visualizaban en los terápsidos hace 290 millones de años; su transición hacia los mamíferos, abarca diferentes aspectos fisiológicos (nutrición, respiración, locomoción, reproducción e inteligencia) de los que sólo muy pocos son reflejados por los cambios esqueléticos.

Un ejemplo de las variaciones en el esqueleto es la articulación mandibular y la transformación del oído medio. Allí se evidencia la reducción de elementos mandibulares y el predominio del desarrollo dentario. Como consecuencia, se modificó la masticación y se produjo la aparición de los dientes cuspidados. En base a otra prueba, la homología entre los huesos de la mandíbula de los reptiles y el oído medio de los mamíferos, se puede predecir que algunos huesos de la mandíbula de los primeros hoy se encuentran en la formación del oído medio de los segundos.

Otras adquisiciones de los mamíferos fueron el desarrollo de dientes con coronas complejas, la musculatura mandibular y la postura, lo que se debería a que la mayoría de los reptiles carnívoros devoran a sus presas vivas y enteras; en cambio, los mamíferos matan a sus presas para luego trozarlas. La habilidad para masticar es uno de los factores progresivos en la evolución de los mamíferos. La dentición eficiente tuvo un costo: la reducción de números de dientes y un solo reemplazo de ellos durante la vida.

Como argumentos de la gradualidad de la evolución de los mamíferos podemos mencionar la presencia de homologías -estructuras aparentemente diferentes en organismos con algún parentesco entre sí-, que revelan su origen común a partir de un patrón semejante. Las variaciones producidas surgen como respuestas adaptativas a presiones ambientales disímiles.

Asimismo pueden considerarse las pruebas provistas por el registro fósil, que se refieren al hallazgo de rastros de organismos que se disponen en los estratos geológicos, mostrando una sucesión desde los seres más simples y antiguos (estratos inferiores) hasta los más complejos (en estratos superiores), tal como se menciona en el caso de los mamíferos.



Figura 3.1: cerro de los siete colores. Purmamarca. Jujuy. Argentina. Los colores de los cerros corresponden a rocas de diferentes períodos geológicos y orígenes. Ejemplo: los colores grises, verde oscuro y violáceos, corresponden a rocas sedimentarias marinas del período Precámbrico Eocámbrico. Los colores rosados, morados y oscuros son de origen marino, correspondientes al período Cámbrico superior. Los cerros más recientes, del Período Terciario, corresponden a los colores rojizos.

La biogeografía también ha aportado elementos a favor del gradualismo. Se ha realizado un rastreo en la evolución de los mamíferos sudamericanos que revela una distribución geográfica diferente a través del tiempo geológico, así como también en su diversidad. Esto se debe, en parte, a las condiciones ambientales y los desplazamientos continentales además de la competencia entre especies emparentadas.

No todos los casos analizados presentan la misma claridad evolutiva. Al comparar los fósiles encontrados, los geólogos notaban que eran fragmentarios, lo que podía llevar a la interpretación de que algunas especies surgieron súbitamente. Ya se ha mencionado a Cuvier como defensor de estas ideas. Mivart, contemporáneo de Darwin, explicaba que tanto el desarrollo de las alas de aves y murciélagos, como así también la evolución del caballo, demostraban un cambio evolutivo no gradual. Darwin y sus adeptos respondían ante estas afirmaciones que el registro fósil era imperfecto debido a las particularidades del proceso de fosilización que determina que no todas las formas intermedias que han existido son reflejadas en el registro fósil. (Ver capítulo 2).

Los neodarwinistas, ya en pleno siglo XX, reforzaron las ideas de Darwin incorporando la genética de poblaciones que intenta explicar las variaciones de las especies y su permanencia en el tiempo. Cada nueva investigación intentó ajustarse al paradigma gradualista, lo que no impidió que algunos especialistas pusieran en duda este relato, interpretando el cambio evolutivo observado en el registro fósil como resultante de largos períodos de estasis interrumpidos por períodos de intensos cambios o saltos evolutivos.

La evolución como un cambio repentino

En 1972, un artículo publicado por Niles Eldredge y Stephen Jay Gould reaviva el debate sobre el ritmo evolutivo. Ambos paleontólogos postulan la Teoría del Equilibrio Puntuado. Según Gould (1982, pág. 121) “El equilibrio ‘puntuado’ es una teoría sobre el proceso de formación de especies a partir de otras ya existentes (o especiación) en el tiempo geológico. Como tal, trata del ritmo y del modo de la evolución. Por lo que respecta al modo, sostiene que los cambios evolutivos importantes se producen por especiación divergente, y no básicamente por la transformación total o gradual de un linaje (anagénesis clásica). En lo que hace al ritmo, sostiene que la adecuada organización geológica de la especiación prueba que esas desviaciones fueron hechos geológicamente instantáneos, y que, tras este rápido origen, la mayoría de las especies fluctúan sólo ligeramente en su morfología permaneciendo en estado estático durante varios millones de años...”

Por lo tanto, esta teoría retoma las discontinuidades que se observan en el registro fósil, interpretando que las especies aparecen de forma brusca y que por largos períodos de tiempo no ocurren cambios (períodos de estabilidad o estasis). A las apariciones súbitas de nuevas especies en el registro fósil se las denominan puntuaciones que implican súbitos eventos de cladogénesis.

Niles Eldredge (1971) en su tesis doctoral basó sus argumentos en estudios acerca de un grupo de trilobites (artrópodos) que abarcaba un período que comprende entre 5 a 6 millones de años. Sobre la base de sus observaciones arribó a la conclusión que los patrones de variación observados sugieren especiación súbita seguida de períodos de estasis, interrumpidos por reemplazos biogeográficos debido al cambio de los ambientes.

El equilibrio puntuado significa estasis + especiación. Los períodos de estasis comprenden, por lo general, millones de años en los que las especies no cambian, separados por períodos en los que la especiación ocurre súbitamente. La especiación se produciría por el aislamiento reproductivo de una pequeña sub-población, cuyo limitado tamaño produce una relativa inestabilidad evolutiva, anulando las condiciones que mantienen la estasis y sufriendo una tasa de cambio muy rápido durante el tiempo necesario para que se restituyan estas condiciones. Esto produciría una radiación evolutiva a partir de la pequeña población que originará multitud de formas nuevas, mientras el grueso de la especie se mantiene estática hasta su extinción. De esta forma, el Equilibrio Puntuado entiende la especiación como un caso especial de especiación alopátrida, con un período que puede ser tan corto como 5000 a 50000 años hasta cientos y miles o pocos millones de años.

La postulación de la teoría de los equilibrios puntuados generó en el ámbito científico muchas críticas y debates, dado que algunos pensaron que era una teoría alternativa a la síntesis moderna. Pronto se vio que el esquema puntuacionista no era una dificultad para seguir sosteniendo los principios de la síntesis darwiniana moderna. Los autores de la misma proponen que la evolución puede analizarse en diferentes escalas, una pequeña o microevolución y otra a mayor escala o macroevolución. La especiación es algo así como una bisagra entre dos niveles, ya que implica una transición entre micro y macroevolución.

Las extinciones fueron el *ojo de la tormenta* sobre el ritmo evolutivo. Darwin postuló, por ejemplo, que en el estudio de las formaciones terciarias las especies desaparecen en forma gradual, primero en algunas partes del globo, luego en otro. Por otro lado, reconoce algunas excepciones que pueden producirse por la ruptura de un istmo en islas o en casos muy puntuales. En su libro *El Origen...* por ejemplo, menciona la lenta extinción de familias y órdenes enteros de trilobites al final del paleozoico. Por lo contrario, los partidarios del equilibrio discontinuo justifican que el registro fósil observado es una representación fidedigna del proceso evolutivo, más que una muestra incompleta de lo que realmente ocurrió.

Otro planteo, que surge desde la paleontología, es el referido a qué entidades cambian a través de tiempo y la definición de especie (análisis que se amplía en el capítulo 4); y proponer una visión que permita integrar a la paleontología y a la sistemática en las explicaciones sobre la evolución de las especies.

Estas ideas fueron gestándose en el ámbito paleontológico con el aporte de investigaciones y observaciones de otros científicos que interpretaban los datos considerando el paradigma gradualista. Simpson y Mayr influyeron en el pensamiento de *los puntuados*, aunque ninguno de los dos adhería a esta postura. Cada uno de los aspectos contribuye a un debate diversificado que no pretende explicar todos los procesos evolutivos sino casos particulares de evolución. De allí la importancia de aclarar que la teoría del equilibrio puntuado puede pensarse como otra alternativa para explicar la evolución; sus autores nunca dejaron de mencionar la selección natural, pero quizás minimizaron su importancia como gestora de la evolución.

Microevolución y/o macroevolución

El modo en el que ocurre la evolución permite establecer dos categorías de análisis, definidas en relación a sus unidades evolutivas (genes, organismos, poblaciones, especies) pero generadoras de debate en cuanto a los procesos que en ellas intervienen. Es así que la microevolución es la incesante aparición de pequeñas variaciones en poblaciones actuales o especies, cuyo destino está gobernado principalmente por la selección natural, pero también por otras fuerzas evolutivas como la deriva genética. La macroevolución es la génesis de rango de grupos taxonómicos superiores a la especie como familias, órdenes, etc.

Desde Darwin hasta la actualidad el mecanismo evolutivo por excelencia ha sido la selección natural, que se define como la reproducción diferencial de los individuos portadores de distintos genotipos. El éxito reproductivo diferencial, que resulta de las interacciones entre los organismos y su ambiente, tanto biótico como abiótico, modela la variación genética, determinando el cambio o la constancia de la frecuencia del conjunto de alelos que componen el reservorio génico de una población. Sin embargo la selección natural no es el único mecanismo que opera a nivel de las poblaciones, la mutación, el flujo génico, la deriva genética también afectan el cambio microevolutivo.

Uno de los interrogantes que se mantienen en el ambiente científico es si los procesos que actúan a nivel micro pueden explicar la macroevolución. En este sentido hay dos posturas, una que sostiene que la macroevolución es simplemente el resultado de la operación sostenida de los procesos microevolutivos, durante largos períodos geológicos dando lugar a nuevas especies, nuevos géneros, familias, etc.

Esta idea está relacionada con el cambio gradual, lento y continuo de la evolución. La segunda, en cambio, propone que los mecanismos que explica la evolución por encima de especie son totalmente diferentes y abarcan procesos como la selección a nivel de especie, la radiación adaptativa y las extinciones.

La macroevolución, consecuencia directa de la microevolución

Ampliando estos conceptos es posible pensar a la macroevolución como resultado final de los procesos microevolutivos. Lo que se puede observar en el registro fósil de un determinado linaje es el resultado de una lenta y gradual acumulación de modificaciones que condujeron, por medio de la selección natural (y otros procesos microevolutivos), a la diversificación de adaptaciones de las poblaciones en diferentes especies. Un ejemplo clásico es la evolución del linaje del caballo, al que se aludió en el capítulo 2. Si se realiza un recorrido por su registro fósil, se observa cómo algunas modificaciones características de sus rasgos le permitieron adaptarse a los ambientes en los que vivía cada especie. Los primeros antecesores del caballo tenían un cuerpo pequeño, tres dedos en sus patas traseras, dientes con pequeñas superficies trituradoras y coronas dentarias bajas. Estas características permitían inferir que vivían en bosques y que ramoneaban hojas suculentas. En estratos geológicos superiores se hallaron fósiles que diferían de sus antecesores en algunos rasgos como el tamaño corporal, las coronas de los dientes -que pasaron a ser más altos y complejos-, el número de dígitos de las patas -que de tres dedos pasaron a tener uno solo- en las formas más modernas.

Estas características se asocian a la idea de que los caballos fueron conquistando diferentes ambientes a lo largo de la historia del linaje, lo que produjo que aquellos que tuvieron la posibilidad de alimentarse de gramíneas y correr más rápido en ambientes más abiertos contaron con ventajas para huir de depredadores. Vista desde la extensa retrospectiva del registro geológico, la evolución de *Equus* parece representar un claro caso de acumulación lineal y gradual de cambios adaptativos relacionados con variaciones en las presiones selectivas sostenidas, que favorecieron el aumento del tamaño y el hábito del pastoreo. De esta manera la especiación está directamente asociada a la adaptación, siendo la selección natural el proceso evolutivo que impone la dirección del cambio. Sin embargo, con la ampliación del registro fósil, hoy día se puede inferir que en diversos momentos de la evolución de

Equus existieron diversas especies con características disimiles de las cuales algunas se extinguieron y otras sobrevivieron y volvieron a diversificarse, un patrón que no coincide con la gradualidad.

Macroevolución como mecanismo desacoplado de la Microevolución

Algunos autores, como Gould y Stanley entre otros, proponen que la macroevolución está desacoplada de la microevolución y que su unidad de análisis no son las poblaciones sino los grupos taxonómicos de rango superior. Es por ello que los procesos evolutivos que intervienen, serían diferentes a los de la microevolución.

Eldredge, Gould y Stanley expresan que los procesos evolutivos que habrían dado forma a los patrones de diversidad son la selección de especie, las radiaciones adaptativas y las extinciones masivas y de fondo. La selección de especies es un proceso análogo al de selección natural. Para ésta la selección es el individuo y la unidad de evolución la población (o la especie), en tanto que para la selección de especies la unidad de selección es la especie y lo que evoluciona son los patrones de diversidad de un linaje. La idea de la selección de especies es que éstas pueden diferir en características que les confieren diferencias en las tasas de extinción y de especiación (notar la analogía con las tasas de supervivencia y natalidad de la selección natural). Aquellas especies dotadas de características que confieren menor tasa de extinción (por ejemplo, una amplia distribución geográfica) y una mayor tasa de especiación (especies en donde la población tiene reducido flujo génico) serán más exitosas (su número aumentará en detrimento de otras del mismo grupo).

El paleontólogo estadounidense George G. Simpson (1902-1984) consideró a las radiaciones adaptativas como el patrón principal de la macroevolución. La radiación adaptativa es la génesis de especies ecológicamente distintas a partir de un origen ancestral común. La diversificación repentina (considerándola desde el registro fósil) se debe al éxito de un grupo, población o especie de una característica clave que le permite adaptarse o colonizar un ambiente. Son numerosos los ejemplos estudiados; uno de los más conocidos es el de los pinzones de Darwin. Los pinzones, en la actualidad, comprenden un grupo de 15 especies endémicas (14 se encuentran en las Islas Galápagos y una en la Isla de Cocos). El estudio más reciente sobre la historia evolutiva del grupo en base a análisis de ADN mitocondrial identifica al gé-

nero *Tiaris* de la familia de los *Fringilidos*, habitantes de Centroamérica y Sudamérica, como los parientes vivos más próximos a los pinzones de Darwin y de los cuales se habría originado este grupo monofilético (Sato *et al.*, 2001).

Las extinciones son procesos evolutivos importantes porque se pueden analizar a partir de ellas las condiciones históricas de la vida sobre la Tierra, así como también el impacto sobre la diversidad de la aparición de novedades evolutivas. Darwin consideraba que las especies se extinguían progresivamente como consecuencia de la aparición gradual de nuevas especies mejor adaptadas a las condiciones ambientales predominantes.

Los geólogos contemporáneos a Darwin, Cuvier y Lyell disponían de argumentos en relación a las extinciones. El primero consideraba que las especies se extinguían simultáneamente por catástrofes geológicas (vulcanismos, terremotos), mientras que el segundo, sostenía que la extinción de unas especies era independiente a la extinción de otras. En la actualidad, hay dos explicaciones en relación los regímenes de extinción: extinción de fondo y extinción en masa. Por extinción de fondo se entiende la desaparición de especies de modo más o menos continuo a lo largo del tiempo geológico, causadas por interacciones bióticas o cambios en el medio físico (disminución de recursos, densidad excesiva, disminución de la fertilidad, entre otros). Las extinciones en masa, a su vez, ocurren en intervalos geológicamente breves y afectan a muchos taxones con un amplio rango ecológico y biogeográfico. El registro fósil muestra evidencias de cinco extinciones masivas: la del final del Ordovícico, la del final del Devónico, la del final del Pérmico, la del final del Triásico y la transición del Cretácico. Terciario.

Pero de las catástrofes surgen las oportunidades. Durante varios cientos millones de años previos a los acontecimientos de finales del Pérmico los mares someros estaban prácticamente dominados por formas de vida inmóviles. La mayoría de los animales marinos descansaban sobre el fondo del mar o se fijaban a él mediante pedúnculos y filtraban el agua para conseguir alimentos o esperaban a las presas. La extinción permitió que muchos grupos que antes tenían poca importancia pudieran expandirse, al tiempo que aparecieron algunas estirpes nuevas. Esta reorganización ecológica constituye una línea divisoria fundamental en la historia de la vida. Por un lado, señala el límite entre los períodos Pérmico y Triásico. Por el otro, establece el fin de la era Paleozoica y el inicio de la Mesozoica.

¿Y si volviera a ocurrir?

Desde la historia podemos considerar a la evolución como un conjunto de hechos impredecibles que dieron lugar a la enorme diversidad de seres vivos y extintos. La vida sobre la tierra es un interrogante que genera a su vez otras numerosas preguntas. Los restos fósiles que desde el inicio permitieron generar algunas hipótesis fueron el motor del desvelo de científicos de generación tras generación.

Al comienzo tal vez se pensó en una evolución lineal, el progreso de la vida, luego la diversificación. En nuestros días, el legado de Gould lleva a considerar a la evolución como un fenómeno de contingencia, entendiéndose como un conjunto de hechos impredecibles que ocurren al azar y que si volvieron a barajarse las cartas podrían llegar a ser totalmente diferentes. Estas acotaciones están relacionadas con un descubrimiento fósil muy importante: la fauna de Burgess Shale, nombre que corresponde también a la localidad y yacimiento fósil ubicado en el Parque Nacional Yoho de la provincia de Columbia Británica, en Canadá.

Fue descubierto en 1909 por Charles Walcott, paleontólogo norteamericano. Hoy en día es considerado Patrimonio de la Humanidad. Su importancia es evidente porque contiene fósiles de animales invertebrados del período Cámbrico (cerca de 540 millones de años), y porque la presencia de estos individuos no corresponde a ningún *phylum* conocido en el presente.

Se supone que la fosilización fue un hecho muy especial ya que debieron coincidir tres factores primordiales: la rápida sepultura en barro arcilloso manteniendo intactos sus cuerpos blandos que vivían en el fondo barroso del mar ecuatorial, la ausencia de oxígeno y bacterias que pudieran descomponerlos y la rápida mineralización. El posterior movimiento tectónico de aquel mar desde la zona ecuatorial a las elevadas laderas del Montes Burgess, permitió su descubrimiento en los picos de las Montañas Rocosas canadienses.

En un primer momento se los clasificó considerando los *Phyla* conocidos, pero en una revisión posterior de la década del 70 surgieron nuevas categorías de análisis que permitieron inferir que muchos de ellos no correspondían a grupos de organismos conocidos. Algunos representantes de la fauna son: Opabinia, con cinco ojos y un tentáculo frontal; Wiwaxia, con escamas y espinas calcáreas; Anomalocaris, un artrópodo depredador y Pikaia, el cordado primitivo, que presenta notocorda y paquetes musculares segmentados, siendo el representante más antiguo de nuestro propio linaje.

Lo más sorprendente de esta fauna es que existe una gran disparidad de diseños anatómicos y diversidad de organismos que excede a los actuales metazoos. Las pocas estirpes que sobrevivieron no fueron las más numerosas ni mejor adaptadas sino que, según Gould, sufrieron una diezmación, lo que significa que nueve de cada diez representantes de la fauna de Burgess Shale han sido eliminados azarosamente en los mares del cámbrico. Este fenómeno combina la aleatoriedad y la eliminación en masa.

La llamada “explosión cámbrica” generó gran fascinación en biólogos y paleontólogos; la presencia de una diversidad admirable de animales representantes de muchos grupos existentes en el reino animal en pocos millones de años, es el punto generador de varias hipótesis alternativas a la propuesta por la teoría sintética de la evolución.

Pero los primeros metazoos de cuerpos blandos corresponden a los hallados en la Fauna Ediacara en 1947 en Australia, aunque posteriormente indicios de ellos fueron descubiertos en el resto del mundo. Estos dejaron sus impresiones en rocas de algunos yacimientos que corresponden al período Vendiano o Ediacaro (650- 543 millones de años). En ellos abundaban las formas planas con simetrías radiales o espirales de 3 a 5 radios, mientras que una minoría estaba constituida por los organismos con simetría bilateral.

El descubrimiento de animales con partes duras hace aproximadamente 534 a 530 millones de años, permitió diferenciar otra fauna importante: la Tommotiana. En ella existe una variedad significativa de conos, espinas, placas y tubos de pequeño tamaño (entre 1-5 mm).

La más significativa e inspiradora fue sin dudas la de Burgess Shale, pero no se puede dejar de mencionar a otra fauna similar a ésta: Biota Chengjiang o Esquistos Maotianshan, demostrando que no fueron fenómenos aislados geográficamente. El Lagerstätte Chengjiang, en la provincia de Yunnig en China, es un sitio que proporciona los más antiguos fósiles de diversos cuerpos blandos de metazoos fósiles del Cámbrico, en buen estado de conservación.

Las interpretaciones de estos registros fósiles se basaron en dos fundamentos que pueden ser considerados complementarios; por un lado, la colonización del ambiente no era una dificultad para los seres vivos por lo que la especiación estaría a la orden del día y, por el otro, la genética del desarrollo propone que los primeros animales pluricelulares presentaban mayor flexibilidad para el cambio genético y el desarrollo embrionario que aquellos que los precedieron.

La historia de la vida nos permite un recorrido fascinante sobre el modo en el que surgieron las especies. Pero varias preguntas quedan sin resolver y otras son causa de ardientes debates como el que se plantea al definir especie. Invitamos al lector a descubrir cuáles son los principales inconvenientes sobre la definición de especie en evolución y que factores la condicionan, que se desarrollará en el próximo capítulo



CAPÍTULO IV

Especies y especiación

Daniel Devesa

El concepto de Especie

Ya en el siglo XVIII preocupaba la incapacidad de la comunidad científica para distinguir claramente por su nombre y características particulares a las diferentes especies de seres vivos. En 1813, el botánico suizo Augustin Pyramus de Candolle (1778-1841) describió a la taxonomía como un área de conocimiento que establece las reglas de una clasificación para la organización de las especies de un ecosistema.

En el siglo XIX, los taxónomos, enfrentados a la diversidad del mundo vivo, buscaban una clasificación que no sólo permitieran identificar sino también asignar una ubicación a cada una de las formas vivientes que reflejara un orden natural de esos organismos. Esto generó la necesidad de clasificar a cada uno de ellos según sus particularidades, tarea a la que se dedicó -alcanzando un logro de gran importancia- el naturalista Linneo. Carl Von Linné diseñó un sistema de nomenclatura conocido como sistema binomial para designar a las especies de organismos y estableció las principales categorías que se usan en el sistema jerárquico de la clasificación biológica. En este sistema binomial el nombre de cada especie está formada por dos partes, el nombre genérico y un epíteto específico.

El sistema jerárquico de clasificación es un sistema de grupos dentro de grupos que reflejarían en un primer momento el plan con el que Dios había creado el mundo natural. El debate sobre clasificación es interesante y permite comprender las relaciones entre los seres vivos, pero no serán abordados en este libro. Se puede

afirmar que los taxónomos contemporáneos coinciden en que una clasificación objetiva debe ser única y representar la historia evolutiva de los organismos que viven y han vivido en este planeta.

En la actualidad, hay innumerable cantidad de seres vivos de los cuales se desconoce su existencia y seguramente seguirán descubriéndose numerosas especies. Esta realidad obliga a ahondar en el concepto de especie que hemos incorporado en nuestros primeros aprendizajes, ya que se conoce una enorme biodiversidad constituida por organismos relacionados entre sí, a los cuales debemos clasificar para conocer su historia evolutiva ancestral y así poder comprender de qué modo se han presentado las innumerables variaciones que dieron origen a los distintos individuos y los criterios de relación necesarios para determinar así su correspondencia o no a una misma especie

En apariencia, resultaría fácil distinguir a las diferentes especies a través de la simple observación y posterior agrupación en clases, pero los naturalistas, antes incluso de que se desarrolle la teoría de la Evolución, ya habían advertido los matices que permitían distinguir entre especies o subespecies diferentes, con la emergencia de una biodiversidad cada vez mayor que cuestionaba crecientemente la postura creacionista dominante. La teoría evolucionista hizo mella en esta engañosa facilidad, ya que propuso correspondencias evolutivas entre especies.

La visión antropocéntrica es un inconveniente para la interpretación de los hechos naturales en términos evolutivos. La vida humana -e incluso la historia cultural del mundo occidental- es demasiado corta como para permitir visualizar los grandes períodos de tiempo que la evolución de nuevas especies requiere; ello constituyó un obstáculo importante en las primeras formulaciones evolucionistas, que recién pudo salvar Darwin con el 'tiempo extendido' que le proporcionó el uniformismo.

Al desarrollar el concepto teórico de transformación por medio de la selección natural, el propio Darwin se ve encerrado en una paradoja para fundamentar el cambio que permitía la formación de distintas especies, al relacionar las ideas de mecanismos biológicos de transformación y el necesario aislamiento biológico de las poblaciones. De tal modo, el concepto de especie biológica se vería como una idea de fácil comprensión si no hubiera un notorio contraste entre los conceptos de *especie reproductiva* (organismos capaces de reproducirse) y *especie tipológica* (se basa específicamente en los caracteres morfológicos), cuando consideramos la reproducción en el caso de especies sexuales diploides.

Antes de avanzar en la argumentación de estas ideas, es necesario proponer una discusión que suscitó varios inconvenientes hasta el presente: ¿qué es una especie? Como se menciona en el párrafo anterior, se podría definir el concepto de especie desde diferentes posicionamientos. Esto se debe a un conflicto teórico de la biología entre el nominalismo y el realismo, pero también a un conflicto práctico ya que el taxónomo debe adjudicar la categoría de especie a grupos de organismos y debe enfrentarse al interrogante metodológico sobre qué concepto de especie aplicar.

En *La especie: realidad y conceptos*, Crisci (1981) diferencia dos posiciones con respecto al problema de la realidad de la especie. El realismo, -posición epistemológica basada en que los grupos o taxones a los que se adjudica la categoría especie- tiene una realidad natural y existencia objetiva, y por lo tanto son entidades de hecho. Mientras que el nominalismo sostiene que las especies son ficciones, construcciones utilitarias de la mente humana, sin existencia objetiva. Ambas corrientes de pensamiento han dado lugar al uso de diferentes conceptos de especie.

De acuerdo al concepto tipológico, defendido por todos los filósofos desde Platón hasta la época moderna, incluyendo a naturalistas como Linneo y Lyell, se ha considerado a las especies como tipos o clases naturales. Pero el mismo no podía explicar las variedades dentro de una población, ni a las *especies cripticas* (sumamente similares fenotípicamente, aunque reproductivamente aisladas) y forzaba a considerar como especies a muchas poblaciones que se diferenciaban solamente por un carácter.

Una definición tradicional de especie biológica dice que “las especies son grupos que real o potencialmente tienen interacción sexual natural dentro de una población, que están reproductivamente aislados de otros grupos similares” (Mayr, 1942, pág. 120 en Fontdevila, 2007). De esta definición y de otros pensamientos se desprende que es trascendental considerar el aislamiento reproductivo como parte esencial de la definición de especie y en la evolución de nuevas especies. Sin embargo, no pocos evolucionistas han minimizado la importancia del aislamiento reproductivo, basándose en evidencias de hibridación entre especies distintas, lo que motiva a Patterson en el año 1985 a presentar una nueva definición de especie, enunciándola como “la población más inclusiva de los distintos organismos biparentales que comparten un sistema común de fertilización” (según traducción propia del idioma Inglés) planteando que el aislamiento reproductivo es una consecuencia de la especiación. Sin embargo, es necesario destacar que al igual que el concep-

to biológico, el concepto de Patterson se restringe a las especies de reproducción sexual, por lo cual ambas definiciones de especie están limitadas a una pequeña fracción de la vida. Esto pone de manifiesto la necesidad de contar con un concepto que abarque a distintas clases de organismos sin depender del tipo de reproducción.

Es así que para especificar el término especie deberíamos tomar en cuenta varias nociones diferentes: el concepto de las relaciones entre el intercambio genético y el demográfico (debidos ambos al flujo genético y a la selección natural), el factor tiempo y la variabilidad (no sólo individual sino interpoblacional), recalcando de este modo la importancia de la ecología, la historia y el desarrollo como componentes esenciales de dicha definición. Como dijo Crisci en *Taxonomía Biológica* (1994): Especie quiere decir lo que el taxónomo quiere que diga.

Criterios de espacio - tiempo

Considerando los inconvenientes más destacados que debe afrontar la comunidad en general a la hora de pensar el proceso evolutivo, uno de los principales surge en el hábito de sostener un prejuicio innato como lo es el comparar a todo ser vivo con el ser humano. Este antropocentrismo es sin dudas un obstáculo para el razonamiento, o bien un impedimento en nuestra capacidad de abstraer al ser humano -excesivamente joven si pensamos en tiempos evolutivos- de la evolución de todos los seres vivos, desde las microscópicas bacterias hasta las ballenas, pasando por los protistas y las plantas entre otros.

No es sencillo comprender la facilidad y velocidad de reproducción asexual de los organismos unicelulares, ni se considera la diferencia temporal en comparación con la reproducción sexual de otros organismos -con ciclos de vida mucho más lentos- con intercambio genético cuya variación interindividual es difícil de percibir a simple vista; y como la expectativa de vida humana también es corta en comparación con los tiempos evolutivos, de igual forma se dificulta la visualización de algunos cambios.

Según sostiene Gould en su obra *Desde Darwin*, el sistema de la vida surgió en el transcurso de la explosión del Cámbrico, siendo fundamental tanto la evolución de la célula eucariota y la saturación ecológica por parte de los seres pluricelulares, como también la reciente evolución de la conciencia. Los sucesos significativos en la evolución no dependen del origen de nuevos organismos, ya que los actuales continuarán produciendo tanto novedad como variedad siempre que alguno de sus orga-

nismos más actuales sepa controlarse lo suficientemente bien como para asegurar el futuro de la vida en la Tierra.

Si se tiene en cuenta la idea divulgada por Gould acerca de que la denominada 'explosión del Cámbrico' fue un evento trascendental en la evolución, se debería considerar también que el mencionado evento -acaecido hace unos 600 millones de años- estuvo precedido de otros procesos evolutivos que con posterioridad también han continuado, es necesario formarse la idea de que el proceso evolutivo requiere mucho mayor tiempo del que el ser humano puede llegar a visualizar o comprender a lo largo de su corta existencia individual, lo que obliga a interpretar a la evolución como un proceso necesariamente prolongado y gradual en el tiempo.

Otro de los factores de relevancia en cuanto al proceso evolutivo, es indiscutiblemente el de espacio; con esto se hace referencia al lugar físico o región que ocupa determinada especie y que muy probablemente manifieste la existencia de una barrera física que produzca el aislamiento espacial de poblaciones de individuos entre los que no es posible el intercambio de genes.

El papel de las barreras físicas es ilustrado por el impacto de los períodos glaciales -obligando al aislamiento en refugios- y de la deriva continental -forzando dicho aislamiento-. Estos procesos pueden considerarse dentro de los factores abióticos cuando se menciona a la selección natural como un proceso de relevancia que influye en la eficacia o delimitación del intercambio génico, aunque influye básicamente en la posterior selección de acuerdo al fenotipo.

Los procesos de especiación

Tal como se ha expresado en el capítulo 2, entre los más destacados evolucionistas del siglo XX podemos mencionar a Ernst Mayr, quien en "*Animal species and evolution*" (1963) califica a la especiación como "el punto clave de la evolución" afirmando asimismo que "sin especiación, no existiría ni diversificación del mundo orgánico, ni radiación adaptativa y muy poco progreso evolutivo". El mayor problema que se nos presenta al considerar la especiación, es lograr reunir una cantidad mínima de proposiciones capaces de explicar el o los mecanismos responsables de la formación de las especies.

Ya Darwin reconoce en *El origen de las especies* que el proceso de especiación representaba un verdadero misterio. Es dable pensar que luego de tantos años de

investigación, hoy se debería haber aclarado o al menos aproximado una respuesta medianamente simple acerca del proceso mencionado, considerando los enormes avances tecnológicos que hemos presenciado en los últimos tiempos. Sin embargo, aún en la actualidad hay una gran variedad de aspectos sobre el origen de las especies que no somos capaces de comprender totalmente, probablemente porque se trata de un fenómeno multicausal.

A la vista de los análisis, se considera que uno de los problemas esenciales de la especiación es poder hallar un conjunto mínimo de proposiciones que permitan explicar el mecanismo de la formación de las especies. Los modelos de especiación son muy variados, por lo cual se deduce que aún estamos alejados de una teoría capaz de unificar criterios, pero a la vez, probablemente esa diversidad de modelos refleje la realidad y por ello se debería considerar una combinación de esos paradigmas y no caer en la hipótesis de la existencia de un único valor de realidad.

Analizando algunos de los modelos que se confrontan para intentar una explicación al proceso de especiación y, teniendo en cuenta el aislamiento que produce la irrupción de una barrera física infranqueable para cierto tipo de organismos, deberíamos determinar en primer lugar, si la aparición de la mencionada barrera es suficiente para interrumpir el intercambio genético entre las poblaciones en que ha quedado dividida la población ancestral y, en segundo lugar, se debería concebir la idea de esos cambios durante los primeros momentos del proceso de especiación.

De acuerdo al *gradualismo*, el cambio evolutivo de una población puede producirse como consecuencia de la adaptación a las nuevas transformaciones del ambiente, forjándose de este modo las diferencias que marcan un notorio contraste con la población ancestral, que podrían conducir a la interrupción (total o parcial) del flujo génico. De este modo, la modificación evolutiva es una consecuencia del cambio ambiental que desencadena un proceso de adaptación local. En esencia, según esta corriente, para la formación de nuevas especies a partir de una ancestral, es imprescindible la aparición de una barrera geográfica que dispara la divergencia genética interpoblacional. Por otro lado, considerando en un futuro la posible desaparición de la barrera que aislaba a esas especies, el flujo génico entre ellas no sería posible si los cambios genéticos registrados se hubieran traducido en algún tipo de incompatibilidad reproductiva.

Desde la óptica del *saltacionismo*, por el contrario, los cambios genéticos se producen repentinamente, es decir de modo no gradual, lo cual provoca consecuentemente el aislamiento reproductivo y la aparición de una nueva especie (independien-

temente de la existencia de cualquier barrera física). En el caso de la inexistencia de dicha barrera o la posterior desaparición de la misma, podría darse un nuevo intercambio genético que probablemente provocaría una hibridación con la consecuente factibilidad de unir nuevamente ambas poblaciones, desapareciendo de este modo la especiación engendrada anteriormente.

Asimismo puede darse también la especiación en el caso de que un individuo logre atravesar la barrera que separaba a las especies divergentes, provocando una desorganización de los complejos genéticos establecidos; como en el caso de la especiación por efecto fundador, en donde una nueva especie puede originarse por ejemplo, a partir de unos pocos individuos que colonizan una nueva área de vida. A lo largo de este proceso de colonización (o eventualmente la expansión de una población a partir de un pequeño número de individuos) pueden ocurrir verdaderas reorganizaciones del reservorio génico que podrían conllevar al origen de nuevas especies, pudiendo repetirse este proceso en forma indefinida (esto es un proceso común en zonas de islas volcánicas que, debido a su dinámica geológica, permite una gran variabilidad dentro de una zona geográfica relativamente pequeña)

Se puede afirmar que el modelo de especiación natural más aceptado por la comunidad científica es el que impide el flujo genético aislando por completo a una población, acarreado como consecuencia la divergencia genética, ya que en el marco de la especie biológica, la relación entre el flujo génico y la aparición de una nueva especie son inversamente proporcionales.

No se debe dejar de considerar la especiación por hibridación provocada muchas veces por el ser humano en la búsqueda de ciertos caracteres particulares para determinadas especies. Este fenómeno de especiación híbrida y posterior poliploidización, ocurre y ha sido muy común en la historia evolutiva de las plantas superiores. En la actualidad, los pasos de este proceso se utilizan con fines experimentales para obtener variedades con determinadas características (Sin considerar en este apartado la utilización de la ingeniería genética para dichos fines).

Variabilidad y especiación

Según White (1978), existe información que es necesario tener en cuenta para estudiar la especiación en cada caso. Algunos aspectos relacionados con la distribución espacial actual de las poblaciones, los factores geológicos y climáticos que pue-

den sugerir las distribuciones en el pasado, información detallada sobre la variación geográfica que incluya estudios biométricos multivariados, factores ecológicos que pueden modificar el hábitat y los nichos, así como la descripción morfológica detallada de los cariotipos, valores de ADN, información extensiva sobre los polimorfismos bioquímicos y sobre las diferencias alélicas, y también ciclos estacionales y duración del período de reproducción, resultados de hibridación experimental y sobre híbridos naturales e información sobre los mecanismos de aislamiento etológico.

A lo expuesto deberíamos agregar el estudio de la biología reproductiva y el estudio de la genética de poblaciones y de los procesos por los cuales una población es moldeada sobre los fenómenos genéticos situados a nivel de los individuos.

Las fuerzas primarias de la evolución son las que determinan los cambios evolutivos (Ayala, 1975; Gran, 1963). Entre estas fuerzas se encuentran aquellas que contribuyen a producir variabilidad, tales como la mutación, la recombinación y el flujo génico; y aquellas que “actúan” sobre la variabilidad y modifican la frecuencia de los genotipos y los genes en las poblaciones, como lo son la selección natural y la deriva génica.

Las mutaciones corresponden a las modificaciones que pueden producirse a nivel del material hereditario. Éstas pueden afectar principalmente la variación en el reservorio génico (mutaciones génicas o puntuales), producir reordenamientos de la secuencia de genes, como traslocaciones, inversiones, duplicaciones, aportando así aberraciones morfológicas incidiendo en la variabilidad o esterilidad híbrida (mutaciones cromosómicas). Otros procesos que ocurren a nivel celular implican la recombinación genética en el momento de la meiosis, produciendo nuevas combinaciones genéticas, promoviendo así la variabilidad de las poblaciones.

El flujo génico (ingreso o egreso de alelos en una población) tiende a homogeneizar los reservorios génicos de las poblaciones entre las que ocurre el intercambio, de modo que su restricción puede mantener y, de hecho, favorece la diferenciación entre poblaciones. La ausencia de flujo génico, permite además, la aparición de barreras reproductivas como subproducto de la diferenciación. Tal restricción al flujo génico puede deberse a la situación geográfica (alopatría, principio fundador), o a la estructura poblacional de la especie.

La selección natural cuando actúa en ambientes heterogéneos, con poblaciones sujetas a diferentes presiones de selección por las diferencias del hábitat, resulta discontinua y producirá un ajuste diferente de los genotipos para mantener un equi-

librio polimórfico. Así mantiene la diversidad genética (el polimorfismo) y puede conducir a la divergencia sin que haya existido ninguna restricción física al flujo génico. El origen de nuevas especies en un escenario como el descrito, se conoce como especiación en simpatria. Se debe verificar que se cumplan ciertas condiciones: los híbridos entre organismos que se adecuan a diferentes compartimientos ambientales, tienen menor aptitud biológica que los parentales.

Wright (1931) mostró que la variación de la frecuencia génica es una función del tamaño poblacional, del valor selectivo de los alelos, de la intensidad de las mutaciones y de la inmigración de genes. Cuando las poblaciones son pequeñas en relación al valor selectivo de los alelos, el papel que juega la deriva génica es más importante que la selección natural, de modo que la evolución de una población puede ser no adaptativa. Esto puede implicar el incremento de las frecuencias de variantes alélicas que confieren menor aptitud y su rápida fijación.

Fijación de una nueva combinación genética

Según Grant (1963), en la base de una nueva especie se encuentra la fijación de una nueva combinación genética, adaptativa y aislada. Este proceso comprendería cuatro etapas, en las dos primeras, las fuentes de variación estarían dadas por el *stock* de genes ancestrales, el producto de las mutaciones y el flujo de genes, como así también por las “explosiones” surgidas por hibridación y las “avalanchas” esporádicas de mutaciones, algunas con efectos drásticos sobre los fenotipos. Y las dos etapas siguientes dependen de la fijación de las variaciones por acción diferencial de la selección natural sobre las poblaciones o subpoblaciones y por el cruzamiento consanguíneo en pequeñas poblaciones, por autofecundación o por cruzamiento al azar.

Las cuatro etapas que menciona Grant son: la producción de variación multigénica por mutación o por flujo génico, la producción de nuevas combinaciones alélicas por recombinación sexual, la fijación de las combinaciones alélicas por selección natural en individuos (interfecundación amplia) debida al azar o por cruzamiento consanguíneo combinado con selección natural y la protección del neogenotipo por aislamiento producido como subproducto de la divergencia.

En el próximo capítulo se ampliará la idea sobre adaptación y su implicancia en los procesos evolutivos que inciden en la especiación.



CAPÍTULO V

Adaptación y niveles de selección

Daniel Devesa y Fernando Sica

El concepto de Adaptación

Se podría definir a la adaptación como un conjunto de particularidades o caracteres que favorece, en el individuo que lo posee, el logro del éxito en la superación de ciertos causantes de selección. Por eso mismo, es que no sería tan errado especificar que la adaptación es el resultado de selección en un contexto funcional particular, y como resultado, dicho proceso adaptativo podría considerarse como la modificación evolutiva de un carácter bajo selección, que implicaría mayores ventajas funcionales en determinado ambiente en relación con poblaciones anteriores.

Una adaptación puede concernir tanto a ciertos aspectos morfológicos como también a los fisiológicos o etológicos de un cierto taxón, y manifestarse presentes en la mayoría de los individuos que integran una población, como consecuencia de una serie de procesos de selección natural. Pese a esto, los mencionados procesos de selección natural no pueden dar una explicación a la aparición de rasgos adaptativos, sino sólo a su propagación en las poblaciones a las cuales pertenecen.

Según West Eberhard (1992) *“...una adaptación podría ser definida como un carácter de un organismo cuya forma es el resultado de procesos de selección en un contexto funcional particular. En consecuencia, el proceso adaptativo es la modificación evolutiva de un carácter bajo selección y que implica una mayor eficiencia o ventajas funcionales (eficacia biológica) en un ambiente determinado con respecto a poblaciones ancestrales”* (En Soler, (2002, pág. 148) *Evolución, la base de la Biología*).

Hasta antes del siglo XIX se consideraba a las adaptaciones como particularidades que presentan algunos seres vivos en relación con el medio que habitan, admitiéndose la idea de que Dios había dotado a esos organismos de tales particularidades con el fin de cumplir con sus necesidades de conservación, favoreciendo así la función de los mismos dentro de su participación en la vida silvestre.

Cuando en 1809 el naturalista Jean Baptiste de Lamarck publica *La filosofía zoológica*, aparece en dicho tratado una nueva visión evolucionista del concepto de adaptación, dando lugar ya no solamente a un conjunto de caracteres fenotípicos que favorecerían la supervivencia, sino también a la inclusión de un proceso gradual de transformación influidos por el ambiente. Según Lamarck, el mayor o menor uso de algún órgano o parte del cuerpo, produciría modificaciones que conducirían a un fortalecimiento o debilitamiento del mismo. De igual modo, las modificaciones de estas características serían luego transmitidas a la descendencia, con lo cual los cambios serían posteriormente definitivos (Ver capítulo 1).

Esta teoría fue defendida a ultranza incluso hasta principios del siglo XX en algunas regiones del planeta, aún cuando nunca se haya logrado probar experimentalmente. Incluso cuando en el inicio del siglo XX se conoció el desarrollo de la genética mendeliana, que explicaba la expresión del fenotipo como una consecuencia del genotipo heredado.

Pese a la ausencia de evidencias científicas que permitieran defender la herencia de caracteres adquiridos por uso o desuso, estas ideas sobreviven y están instaladas aún en la visión actual de la población en general cuando se pretende comprender el fenómeno evolutivo y su relación con la adaptación. Esto se debe básicamente a nuestra dificultad de identificar a simple vista los continuos cambios fortuitos del medio a lo largo de extensos períodos de tiempo, que imposibilitan su predicción. Esta habría sido una de las motivaciones que llevaron a Darwin a formular la teoría de la selección natural como una explicación de la adaptación de las especies de pinzones en las islas Galápagos.

Dado que la selección natural puede explicar el cambio en la distribución de frecuencias de un carácter en una población y no su origen, no es posible afirmar que un carácter adaptativo aparezca en una población como consecuencia de su funcionalidad, aunque podría aseverarse que dicho carácter se expande en esa población como producto de las ventajas selectivas que implica su función (proceso adaptativo). En contraposición a esta idea, el Neolamarckismo (resurgimiento de

las ideas lamarckianas) defiende una mayor influencia de la variación epigenética (variación en los procesos que complementan las instrucciones genéticas que contiene un huevo fertilizado) en los procesos evolutivos. Analizado desde una óptica histórica, es probable que las mejoras funcionales surgidas de cierto carácter hayan permanecido inmutables durante toda su historia evolutiva. Asimismo también es viable pensar que la función de una característica se vea modificada en el transcurso evolutivo de un linaje, como en el caso de las plumas de las aves, que en un principio habrían cumplido una función de termorregulación, y que luego habrían sido cooptadas para cumplir un papel esencial en la capacidad de vuelo. (Soler, 2002)

Como consecuencia de la necesidad de diferenciar el origen, la funcionalidad inicial y la funcionalidad actual de los caracteres adaptativos, se han propuesto términos estrechamente relacionados con el de adaptación que consideran el valor original del carácter y sus posibles funcionalidades a lo largo de su historia evolutiva. Entre ellos podemos mencionar los conceptos de *preadaptación*, *protoadaptación* y *exaptación* (ver capítulo 2). Mientras que los dos primeros refieren a caracteres que en su origen otorgaron ventajas al individuo y a su vez implican un potencial adaptativo relacionado con otras posibles funcionalidades, el término *exaptación* describe una nueva funcionalidad del carácter que en un principio desempeñaba otra función (adaptación a la función original) y que es una exaptación en relación a la funcionalidad actual. Esto implica que, volviendo al ejemplo de las plumas de las aves, éstas serían una adaptación a la termorregulación y una exaptación al vuelo. (Soler, 2002)

De acuerdo con la mayoría de los autores, un carácter se puede considerar una adaptación si, al menos parcialmente, es fruto de procesos de selección natural y confiere al organismo ventajas (mayor eficacia biológica relativa) relacionadas con la función actual que desempeña. Una vez que aparece la nueva funcionalidad, la selección natural podría actuar sobre el carácter optimizándolo para el desarrollo de la nueva función y, por tanto, dando lugar a adaptaciones.

Una parte importante del ambiente que rodea a un organismo lo conforma el ambiente biológico que, a diferencia del ambiente físico, depende a su vez de procesos evolutivos en los que cualquier cambio o adaptación que aparezca o se encuentre en un taxón de la comunidad puede afectar directa o indirectamente a la eficacia biológica en los demás taxones o fenotipos del mismo taxón (Soler, 2002).

El adaptacionismo extremo

Si bien la adaptación es considerada una pieza clave en la comprensión de la evolución, frecuentemente se puede prestar a confusión la interpretación de los rasgos que pueden considerarse adaptativos; habiéndose llegado incluso, en algunos casos, a suponer que la totalidad de los aspectos evidenciados en el fenotipo son adaptaciones. Sin embargo, es importante especificar claramente que los rasgos adaptativos son exclusivamente los afectados por la selección natural. En todo caso, el adaptacionismo extremo es una idea defendida por los denominados ‘neodarwinistas’, elevando en exceso la importancia de las adaptaciones en la evolución.

De hecho, para cumplir con la selección natural propuesta por Darwin, no es imprescindible la ventaja adaptativa de ciertas características, ya que la selección pudo haber actuado sobre otro carácter. En efecto, existen estructuras complejas cuya función se ignora en la actualidad, pero que al ser anuladas o extirpadas, evidencian cambios en el organismo que las posee, habiéndolas supuesto previamente como residuales e incluso sin valor funcional. Al hacer referencia a la mayor aptitud para la supervivencia, se deben diferenciar los conceptos de ‘aptitud’ y de ‘complejidad’. Por lógica, una mayor complejidad preferiría una superioridad genética que en consecuencia favorecería al organismo en la adquisición de una mejor cualidad adaptativa. Sin embargo, esto no tiene una base científica que lo sustente.

Se considera que las mutaciones son puramente aleatorias, y se sabe de la existencia de numerosos factores mutagénicos. En consecuencia, el estudio de las mutaciones conduce a la necesidad de analizar si el grado de adaptación alcanzado tiene una relación tan estrecha con la selección natural, lo cual desmerece de alguna manera la defensa del concepto de adaptacionismo extremo.

Restricciones de la adaptación

En 1988, el bioquímico J. Wicken expresa que *el adaptacionismo ha comprometido el concepto de organismo como entidad histórica y que es pertinente poner el acento en las limitaciones internas derivadas de la historia filogenética que ponen coto a la variedad y a las posibilidades de desarrollo del organismo*. Partiendo de conceptos del propio Darwin, quien reconocía que la selección natural interviene solamente en los caracteres adaptativos, provoca la necesidad de no considerarla como cau-

sante de la creciente complejidad, con lo cual la adaptación en sí misma posee ciertas limitaciones.

Si se considera la diferencia entre los conceptos de 'selección de' y 'selección por', resultará más fácil la comprensión de que determinados caracteres pueden estar sujetos a selección independientemente de su valor adaptativo, con lo cual, -sin desmerecer la importancia de la adaptación- produce la necesaria disyuntiva acerca de la elemental relevancia de la adaptación como factor evolutivo preponderante. Estudiando en profundidad la evolución, se desprende que lo más notorio en el proceso evolutivo es el acrecentamiento de la complejidad, aún por encima de la adaptación de los organismos a su entorno.

En *El origen de las especies*, Darwin dedica un espacio significativo a la selección artificial, a modo de introducción -como analogía- en el concepto de selección natural. Si bien algunos pensadores podrían considerar un error dicha analogía (ya que la naturaleza no escoge las variedades del mismo modo en que un criador selecciona a sus ejemplares), algunos evolucionistas prefirieron relacionar la adaptación con la supervivencia, sin tener en cuenta que la naturaleza no brinda criterios independientes para una valoración de la adaptación. Claro que la supervivencia -en el caso de la selección artificial- se debe a la elección de características consideradas superiores por el criador, siendo el resultado de una 'adaptación' y no una definición de la misma. En la selección natural, la adaptación es relativa, debido a que algunas particularidades etológicas, morfológicas o psicológicas podrían implicar cierto predominio para su incorporación a un nuevo ambiente, pero se debe considerar que las modificaciones en los organismos se producen muchas veces antes que los cambios en el medio.

Según Darwin, el criterio de adaptación se corresponde con el perfeccionamiento de un esquema, pero referido a un contexto local, siendo que dichos contextos locales sufren indefectiblemente cambios. De este modo, la adaptación, si bien es de gran relevancia para la construcción del concepto evolucionista, no es siempre un factor determinante.

Una característica común de muchos adaptacionistas es buscar una explicación forzada de cierta característica, como por ejemplo en el caso de los ciervos, que las astas fueron adaptaciones defensivas (luego, se afirmaba que cumplían una función de 'advertencia' hacia los adversarios de su misma especie). En el caso de la serpiente de cascabel, podríamos decir que la capacidad de producir su sonido característico es una adaptación para advertir a los depredadores, o bien para evitar

ser herida accidentalmente. En todo caso, sin llegar a arremeter contra esas explicaciones considerándolas fantasiosas, se debería procurar la posibilidad de certeza, sin caer en la inflexibilidad de una afirmación sobre un fenómeno que podría haberse dado sin más relevancia que una construcción azarosa de la biología.

Si se tiene en cuenta que un carácter cualquiera pudo ser apenas una variación biológica que favoreció al organismo aumentando sus posibilidades de supervivencia, no es obligatorio considerarlo como una adaptación estricta, sino como una consecuencia mutagénica que ha perdurado simplemente por ser adecuada para determinada función y probablemente, haya sido también un rasgo distintivo de esa especie que le permitió (por medio de la selección) ser considerado como una adaptación. De hecho, cualquier particularidad que posea un individuo o especie, no debería ser observada exclusivamente desde la óptica de su utilidad. Para esto un ser humano podría preguntarse -por ejemplo- cuál es la funcionalidad o ventaja adaptacionista de haber nacido con una nariz acentuadamente prominente a diferencia del resto de los organismos de su especie.

Se sabe que Darwin no consideraba a la selección natural como un mecanismo supremo, entendiendo que sólo algunas características de los seres vivos eran resultado de adaptaciones. Incorporaba entonces algunas otras explicaciones al concepto de adaptacionismo -teniendo en cuenta básicamente al azar como factor primordial- por lo que la deriva génica ocuparía un lugar de mayor relevancia que la selección natural. Por lo tanto, es necesario analizar la evolución desde un enfoque más pluralista que el intentar explicarlo desde el reduccionismo de unas pocas variables.

Los niveles de selección

En 1964 el biólogo V. Wynne-Edwards propuso, en un artículo titulado *El control de las poblaciones en los animales*, que las poblaciones de muchos organismos contaban con un sistema de control "automático" para detectar las capacidades del ambiente de soportar un número de efectivos óptimo, y aunque esas capacidades fueran variables en el tiempo, este control era lo suficientemente eficaz para mantener en el mediano y largo plazo unas cantidades muy estables de individuos. Dicho de otro modo, las poblaciones podían de algún modo dimensionar la capacidad de carga y el número de ocupaciones del nicho ecológico que detentaban, con una notable precisión, y se auto-ajustaban a través de diversos mecanismos.

Luego descartaba ciertos factores aparentemente obvios de control: los depredadores, las enfermedades, el hambre... No ignoraba su importancia, pero insistía en que ninguno de éstos podía explicar por sí solo cómo es que las poblaciones no crecían descontroladamente aprovechando las tasas reproductivas máximas que podían alcanzar. Especialmente, señalaba grandes depredadores versátiles como el león o el águila, para los cuales estos factores resultan insuficientes al momento de explicar los tamaños de sus poblaciones. Por lo tanto, concluía, “ison los propios animales quienes efectúan las restricciones necesarias!” (Wynne-Edwards, 1964). Por ello menciona algunas dinámicas especiales, como los *displays epidícticos*, consistentes en demostraciones tangibles entre individuos, que ayudarían a controlar el potencial reproductivo.

Ejemplos de ello serían los rituales de cortejo de muchas aves y mamíferos, que ayudan a decidir quiénes de los muchos individuos disponibles lograrán finalmente reproducirse, e indirectamente, el tamaño de la camada que se generará de acuerdo a las condiciones temporales del ambiente que la sostendrá.

Estas ideas le condujeron a sugerir que, para muchas especies, las poblaciones se comportarían al modo de súper-organismos, que constituirían un nivel independiente de selección natural. Esto cuestionaba las ideas sostenidas desde el mismo Darwin y hasta el neodarwinismo moderno: que la selección opera exclusivamente sobre los individuos, los únicos que tienen características fenotípicas que les confieren mayor o menor aptitud, determinando por ejemplo, mayor o menor probabilidad de supervivencia.

Esta modalidad también facilitaba la tarea de explicar los comportamientos altruistas de algunos individuos en el seno de sus familias, porque éstos podrían “sacrificarse” individualmente si ello permitía un aumento de las frecuencias de los genes que compartían con sus familiares. También podría servir para entender por qué muchas especies optan por una modalidad reproductiva en harenes, donde un macho dominante acapara casi todo el éxito reproductivo con las hembras transmitiendo exclusivamente sus genes. En estos casos la lucha con los otros machos no es tan brutal o violenta como podría esperarse, quizás porque muchos de los posibles rivales tienen un alto grado de consanguinidad que permite que los genes de la familia continúen siendo hegemónicos, aunque fuera a costa de resignar las posibilidades reproductivas de muchos de dichos individuos.

El planteo de que la selección puede actuar a nivel de grupo, se tradujo en el desarrollo de la sociobiología, *Sociobiology: The New Synthesis*, (Wilson, 1975), y

explicar, particularmente para el caso de los insectos sociales, la directa anulación de las capacidades reproductivas de algunos individuos (ej: hormigas obreras) en beneficio de toda la colonia. Pero estas condiciones son difíciles (o imposibles) de generalizar para una enorme cantidad de casos del mundo viviente.

Los genes se vuelven visibles

Una de las fuertes resistencias a la selección de grupo provino de George Williams, y más adelante de su “heredero” intelectual, Richard Dawkins. Williams argumenta que si un individuo de una población cualquiera, contara con genes “egoístas” que le impulsen a desarrollar comportamientos orientados a su propia supervivencia, aunque ponga en riesgo la continuidad de la comunidad de la que participa, tendrá un éxito reproductivo diferencial.

Las conductas “altruistas” serían distractores que le impedirían alcanzar una tasa reproductiva máxima. Actuando para sí mismo, sus genes se difundirían a mayor velocidad por la población en las siguientes generaciones, volviéndose dominantes y desplazando a los genes de los individuos altruistas. Por lo tanto, concluye que es a nivel de los genes que se produce la selección natural.

Dawkins retomaría esta idea en su obra fundamental, *El gen egoísta*, planteando que los genes actúan como “replicadores” inmortales, y utilizan a los organismos como vehículos que, temporal y ocasionalmente, transportan esos genes hasta el momento en que éstos consiguen pasar a la siguiente generación. Este modo tan extremo de ver las cosas fue, inevitablemente calificado de reduccionista, y aunque no dejaba de resultar atractivo, desencadenó un extenso debate aún activo. Aunque no alcanza a explicar la presencia de gran cantidad de material genético residual, portador de características defectuosas, o de información redundante que ha puesto de manifiesto el estudio de los genomas.

La Selección Multinivel

En algunos casos, para complicar las cosas, los individuos podrían no ser “unidades” en el sentido habitual de la palabra. Imaginemos una yema de un árbol que accidentalmente porta una mutación (originada por factores externos o endógenos) que no poseen otras yemas del mismo árbol. Llegado el caso, podría producir ramas

con flores que tengan alguna característica diferencial respecto a otras flores (que el mismo árbol produce! La competencia por una mayor tasa de reproducción, o por los recursos disponibles (en este caso, tal vez la savia del árbol o quizás la competencia de polinizadores) podría otorgar una ventaja a estas flores y esta rama, pero no al árbol en su conjunto. ¿Debería hablarse entonces de selección natural a nivel de órganos?

Muchos microorganismos se reproducen asexualmente. En tal caso, su genoma se clona cada vez, y resulta en copias idénticas del replicador. No tiene sentido entonces, para estas formas de vida, diferenciar el nivel genético del nivel individual, porque coinciden.

Queda claro que la naturaleza tiene una diversidad tan notable que no resulta sencillo determinar una "receta" para la forma en que actúa la selección natural. La mayoría de los biólogos evolucionistas está de acuerdo en que predomina la selección a nivel del organismo (organísmica), porque es la que pone mejor en evidencia las variaciones que son susceptibles de otorgar mayor o menor éxito reproductivo. Pero se está difundiendo velozmente la idea de una selección "multinivel", que puede operar desde el orden genético, pasando por cromosomas, gametas, embriones, partes de organismos, los individuos, e incluso selección de grupos intradémica e interdémica, especies o clados. Las investigaciones han podido confirmar estos diversos niveles según distintos casos particulares, pero lo más útil de la idea de la selección natural multinivel tal vez sea que permite esterilizar los debates irresolubles y abrir nuevos temas de exploración.

La idea que se va afianzando es que, tanto sea para sostener la selección en un nivel como en otro, dicha selección deberá actuar sobre cualquier sistema que reúna estas tres condiciones fundamentales: a) que el sistema posea suficiente variación fenotípica entre sus individualidades componentes; b) que dicha variación confiera algún tipo de ventaja biológica, que le proporcione un mayor éxito a la hora de reproducirse y/o sobrevivir; y c) que la variación sea heredable, es decir, pueda transferirse a la siguiente generación de individualidades (sean lo que éstas sean).

Esto permitiría afirmar también que, en un orden superior al individuo, -como por ejemplo, la especie- podrían surgir caracteres emergentes (los términos los sugieren Gould, Eldredge y Lewontin) con 'aptitud' diferencial. Supongamos que, para una determinada especie de pez marino, la supervivencia dependa positivamente de la posibilidad de conformar cardúmenes muy numerosos e interdependientes

por flujo continuo de individuos, y que estos fueran diezmados por alguna razón; si esta especie tiene mayores probabilidades de supervivencia que otra especie etológicamente solitaria, la diversidad del grupo se verá enriquecida frente la posibilidad de diezmación a favor de la especie que forma cardúmenes. El estudio de las características de un organismo no permitiría explicar suficientemente las posibilidades de continuidad evolutiva, porque la emergencia de nuevas propiedades en otro nivel son las que la definen.

Quizás, este modelo de propiedades emergentes pueda extenderse, en algunas contingencias históricas, al nivel de los taxones superiores, para explicar la compleja aparición de los grandes *phyla* que determinaron las directrices generales de la historia de la vida. En el capítulo 3 se hace referencia a los procesos macroevolutivos relacionados con esta idea.



CAPÍTULO VI

Evolucionismo y creacionismo

Abel Marchisio

Contexto para la teoría evolutiva: relación entre posturas científicas y religiosas

En este capítulo se retoman algunas cuestiones ya abordadas en otras partes del libro y en especial aquellas surgidas en una época de múltiples y profundos cambios en la nación inglesa -debido a las distintas corrientes filosóficas y políticas surgidas en la era victoriana como el materialismo, socialismo, darwinismo, anarquismo entre otras-, que produjeron una caída de la fe cristiana en Inglaterra. En ese contexto las exigencias de las nuevas clases medias se van imponiendo de una manera lenta pero progresiva; las revoluciones de 1848 contribuirán a que se produzcan cambios en los pueblos que afectarán no solo su bienestar social, sino también su estabilidad mental y emocional.

Dilema y controversias: verdad científica versus creencias religiosas

Charles Darwin escribía tres años antes de su muerte: *“...Mi teología es un embrollo. No puedo ver el universo como el resultado del puro azar, y tampoco puedo ver ninguna evidencia de diseño. [...] La ciencia no tiene nada que ver con Cristo, excepto en tanto el hábito de la investigación científica torna cauto al hombre en admitir evidencia.Cuál es mi manera de ver no importa a nadie sino a mí mismo. Pero ya que pregunta, pue-*

do decir que mi juicio fluctúa y en las más extremas fluctuaciones, nunca he sido un ateo en el sentido de negar la existencia de Dios. Generalmente creo -y más cuando me vuelvo viejo- pero no siempre, que agnóstico sería la mejor descripción de mi estado mental...".

El extracto que antecede, corresponde a fragmentos de escritura que se hallan en dos cartas enviadas por Charles Robert Darwin (1809-1882) a su amigo el botánico y explorador Joseph Dalton Hooker (1817-1911), con fechas entre el 12/7/1879 y el 5/06/1879¹. Ahora, como es bien sabida la relevancia de las relaciones humanas para el trascendental naturalista Darwin, se reconocen al menos dos hombres que tuvieron que ver con el desarrollo de aspectos importantes de su teoría evolutiva: uno, el más significativo es el geólogo escocés sir Charles Lyell (1797-1875) su tutor, protector y consejero -sobre todo en dataciones estratigráficas basadas en asociaciones faunísticas y tres períodos: eoceno, mioceno y plioceno- y el otro hombre de ciencias es el citado Hooker quien fuera colega y crítico más conocedor de sus ideas sobre la evolución y la biogeografía.

De ambos acompañantes se ayudó para mantenerse a flote en medio de dudas y ataques a sus ideas y con ellos consolidó la gran obra de su vida. Y agregando mayor mérito, entendemos que es muy loable y destacable su gran labor e impronta dejada como herencia cultural humana, por la tenacidad y persistencia con la que plasmó sus producciones y memorias a través de tantos registros escritos y comunicados -más de 5000 cartas enviadas y recibidas como correspondencia realizada por Darwin con distintos científicos-. Con toda esta distribución social del conocimiento científico, es posible seguir hablando de él vinculándolo a sus seguidores y opositores, con el propósito de interpretar mejor los debates y críticas, el sentido y significado atribuido por entonces a la teoría de la evolución que aún hoy -luego de más de 150 años de la publicación de *El origen de las especies*- goza de buena salud.

La evolución era una idea pretenciosa que dejaba una gran brecha entre las ciencias y la religión, porque cuestionaba la idea de un Dios creador. Más si consideramos que la teología natural concebía a la naturaleza como manifestación de un diseño divino previsor del más pequeño detalle de la creación. Y que esto entraba en

1 Tales indicios sobre escritos de Darwin que nos dan una idea acerca de cómo él mismo pensaba estas cuestiones en aquella época en que vivió, figuran en el recomendable libro -sobre el tema que abordaremos aquí- del autor argentino Dr. en Medicina Miguel de Asúa, Lic. en Teología y también Profesor de Historia de las Ciencias. Obra titulada De cara a Darwin. La teoría de la evolución y el cristianismo (2009, pp. 221-222)

conflicto con la nueva visión del mundo de la vida en el que las formas vivas resultaban de variaciones al azar orientadas por el mecanismo de la selección natural (SN).

Con el sentido de citar algunos hechos sucedidos como ejemplo de dilemas y controversias en el plano socio político-jurídico, más de cien años después en el hemisferio norte del continente americano al oeste del meridiano de Greenwich, también relacionado a Darwin, el profesor y científico paleontólogo Stephen Jay Gould sostenía: “... Nosotros definimos la evolución, empleando la expresión de Darwin, como descendencia con modificación a partir de seres vivos anteriores, nuestra documentación del árbol evolutivo de la vida deja constancia de uno de los mayores triunfos de la ciencia, un descubrimiento profundamente liberador que se basa en la antigua máxima de que la verdad puede hacernos libres. Hemos realizado este descubrimiento reconociendo aquello a lo que podemos dar respuesta y aquello que debemos dejar al margen. Si el juez Scalia tuviera en cuenta nuestras definiciones y nuestras prácticas, comprendería por qué el creacionismo no puede acreditarse como ciencia. De paso, también percibiría la emoción de la evolución y sus evidencias; ninguna persona sensata podría mantenerse indiferente ante algo tan interesante...”²

El argumento esgrimido por Gould, corresponde a un hecho cuya consecuencia fue un juicio emprendido por una sociedad civil americana contra el Consejo de Educación del Estado de Arkansas. Acción legal realizada posteriormente a que se aprobaran, en 1981, leyes para imponer que ambas cuestiones de la evolución y de la creación recibieran un tratamiento de ‘horario idéntico’. La sentencia final del tribunal en 1987 fue la de prohibir las enseñanzas de todo tipo de ciencia de la creación en las escuelas del citado estado, financiadas con dinero público; sobre la base que el creacionismo era un concepto religioso y no científico. Este tipo de hechos que trastocan esferas de lo sociocultural y que hacen a las decisiones sobre políticas educativas tomadas acerca del tema en cuestión, habla por sí solo pero también sirve para explorar interpretaciones alternativas, teorizar y buscar comprender en las clases de ciencias, con nuestros estudiantes del profesorado. Y aquí para dejar instalado el dilema que desarrollaremos con avances y retrocesos, por posturas adoptadas y más de un conflicto interno o problema.

2 Reflexiones del profesor científico paleontólogo Stephen Jay Gould (1941-2002), biólogo evolutivo e historiador estadounidense, quien en una revista titulada Natural History, vol. 96 (octubre 1987), pp.14-21; dejaba su impronta tras la experiencia de ser una de las personas a las que se citó a declarar como experto en favor del darwinismo.

Evolución e iglesias de la Reforma: recepción y razones para la oposición

Siguiendo la línea de análisis y basándonos en algunos planteos realizados en la obra ya citada de Miguel de Asúa (2009), es posible presentar múltiples y variados argumentos, diferentes posturas asumidas por los protagonistas de aquella época y que, más allá de los acentos reconocibles de formas adoptadas en respuestas alternativas al darwinismo por las diferentes iglesias, el panorama de cuestiones puestas en juego es bastante similar en cada caso que se presente para el estudio. En tal sentido y de acuerdo a registros históricos del siglo XIX, lo filosófico y doctrinario, se puede decir que cumplió un papel importante como fundamento de las actitudes a favor y en contra de la teoría de la evolución por la actitud de enfrentamiento entre un relato naturalista del origen de la vida -y el ser humano en especial- y la narración bíblica de los orígenes.

Un ejemplo de un hecho relacionado al problema de la interpretación literal de la Biblia es el ocurrido en Londres en 1890, un año después que el reverendo Henry Parry Liddon predicara en una catedral de esa ciudad un sermón explicitando que la veracidad del Antiguo Testamento es de hecho inseparable de la veracidad de Nuestro Señor Jesucristo. Thomas Henry Huxley (1825-1895) retomaba estas expresiones y se preguntaba si la veracidad de Jesucristo dependía de la creencia en la brusca transmutación de los componentes químicos de un cuerpo femenino en cloruro de sodio -mujer de Lot-; o la admitida realidad de la eyección de Jonás sano y salvo después de haber viajado durante tres días en el estómago de un monstruo marino. Tales interpretaciones literales bíblicas se constituían paulatinamente como obstáculos para la fe de los científicos que no aceptaban ese tipo de afirmaciones.

Agregado a estos desafíos de la evolución a la realidad de las iglesias, no tardaría en llegar a las de Inglaterra y a las evangélicas de EEUU -desde Alemania- una corriente de interpretación bíblica revolucionaria de la cuestión. Corriente por entonces llamada *más alta crítica* y actualmente denominada método histórico-crítico, cuya recepción desató una crisis más severa que la provocada por la teoría darwiniana. Había que aplicar a la Biblia la metodología de estudio de textos que se practicaba ya a los libros profanos, en relación con su origen, composición y autoría. Y se atribuía este movimiento intelectual al Profesor de hebreo y Lenguas orientales de la Ciudad de Hamburgo, Hermann Samuel Reimarus (1694-1768). No obstante, a esta persona se

la identificó como deísta por negar la validez de las religiones reveladas y creer en una religión universal fundada en la razón. Tal profesor expresaba la posibilidad de alcanzar verdades como la existencia de Dios y la inmortalidad del alma, manifestando en su discurso que los milagros eran falsos. También que Jesús era sólo un convencido de su misión mesiánica y que su resurrección había sido obra de sus discípulos.

Nuevo enfoque: Influencias del método histórico-crítico y experiencias del diseño

El lugar del surgimiento de la moderna historiografía -que presupone la historia como ciencia- se lo sitúa en la universidad de Göttingen desde 1760 y su cristalización, desde 1825 con los aportes del historiador de la universidad de Berlín Leopold von Ranke (1795-1886), quien en el prefacio de su *Historia de los pueblos románicos y germánicos de 1494 a 1514* puso de manifiesto la necesidad de lograr una disciplina histórica científica y objetiva, con la complicada finalidad de *mostrar las cosas tal y como sucedieron*. Los nuevos historiadores alemanes escribieron historia sobre la base del estudio de los documentos, no ya como los de la ilustración -en el sentido de hacer ejercicio literario de propaganda ideológica o de búsquedas de verdades universales- sino que se dedicaron a tratar de entender las ideas de cada período en términos relativos y en función de las condiciones históricas y culturales del momento.

Hubo una publicación de una colección de ensayos y reseñas de teólogos anglicanos en 1860, que se destacó como una marca importante de la recepción del método histórico-crítico en Inglaterra. Lo más relevante de las cuestiones difundidas como artículos por entonces, pasaba por la autoridad y la nueva crítica bíblica. Allí la evolución darwiniana era abordada tangencialmente y *El origen de las especies*, mencionado sólo una vez. Hubo críticas violentas a tales ensayos y reseñas y, finalmente, los clérigos del Reino Unido que representaban la opinión de muchos fieles de sectores de escasa educación, los censuraron. ¿Por qué? Por considerar que la crítica alemana era ultraje, tanto más grave que la idea que el hombre desciende del mono.

Otro ejemplo de quien abordara en todo un período a estos dos mundos de relaciones entre evolución y cristianismo, fue George Jackson Mivart³. Este reconocido

³ George Jackson Mivart (1827-1900) fue un evangélico convertido en católico, además de estudiante y practicante de medicina y enseñante de historia natural.

profesor de Historia Natural, conoció a Huxley gran defensor de la teoría darwiniana el mismo año en que se publicó *El origen de las especies* y por ello accedió en principio como aliado al círculo íntimo de Darwin. Las cosas cambian y aproximadamente en 1865, después de un tiempo de enseñanzas, Mivart empieza a dudar de la SN y a proyectar una conciliación entre evolución y sus creencias. Y unos meses antes que Darwin publicara *El origen del hombre* en 1871, presenta su obra *La génesis de las especies*, libro a través del cual, realiza algunas afirmaciones y críticas a la selección natural tales como “*la evolución procedió a saltos*” por medio de “*transformaciones súbitas*” y existe “*estabilidad en grandes tipos orgánicos*” como los de la especie humana.

Con esta y otras publicaciones, se aleja cada vez más de los seguidores de Darwin y también comienza a entrar en conflicto con la iglesia católica. Entre 1885 y 1892 logra a través de varios artículos de revista, defender la libertad de investigación científica para católicos. Además propicia la implementación de nuevas corrientes de crítica bíblica, desplegando argumentos desde una postura racionalista moderada. Esto produce un efecto contrario al esperado por quien desde un principio y a través de estudios buscara la conciliación entre ciencia y religión, pues tales argumentos despiertan nuevas polémicas entre los seguidores de los dos mundos en conjunción u oposición.

Otro ejemplo representativo de la crítica fundada sobre el argumento del diseño y defensa cerrada de la Biblia, que plantea razones de la oposición a la teoría darwiniana, lo constituye el del influyente teólogo presbiteriano Charles Hodge (1797-1878). Al respecto, Asúa en su obra ya citada, interpreta a partir de lo escrito por este líder protestante estadounidense en su libro *¿Qué es el darwinismo?* -publicado en 1874-, la cuestión de la línea dura de preservación de autoridad bíblica, pasaba entonces por la elección entre creer en Dios o en Darwin:

“...Hodge veía en el libro de Darwin el programa naturalista que excluía a Dios del mundo vivo y en particular de toda acción relativa al origen de la mente humana [...] pensaba que el diseño de los organismos llamaba a postular una mente diseñadora [...] concluía que la negación del diseño en la naturaleza era virtualmente la negación de Dios. La teoría de Mr. Darwin niega todo diseño en la naturaleza, luego su teoría es virtualmente atea...” (Asúa, 2009), p. 231.

La posición descrita en el párrafo anterior, no deja de ser importante para tener en cuenta en el análisis de otros argumentos científicos y creacionistas -que antes y aún hoy se esgrimen en diferentes textos científicos de divulgación científica o religiosos-, lo referente al papel del “*diseño inteligente*” en dicha teoría. Y puede ser

oportuno para interpretar mejor lo expresado acerca de Hodge, el proceso que durante el siglo XVIII llevaron a cabo algunos pensadores radicales de la Ilustración. Lograron poner en tela de juicio el razonamiento del diseño mencionado y resucitar la idea materialista de un mundo capaz de ser improvisado de forma caprichosa por las leyes de la naturaleza. Aunque a esta nueva visión de mundo no todos la verían así, pues la teoría darwiniana consideraba que las propias leyes eran creativas. Y que por esto, el mismo cosmos estaba diseñado para alcanzar una meta, por su progreso hacia estados superiores. Lo cual resultaba pedir demasiada atención a la comprensión por parte de conservadores “traumados” luego de los acontecimientos y efectos de la Revolución Francesa.

Conectado a la posición e idea anterior, en Gran Bretaña resurge el diseño conjuntamente a una visión más bíblica de la historia de la tierra. William Paley, en 1802 replanteaba la cuestión de razonamiento de diseño inteligente en su obra *Teología Natural*, con bases mecanicistas explicitadas a modo de comparaciones del tipo reloj-relojero, con requerimientos específicos. A tales sistemas mecánicos se los consideraba como complejos adaptados a un fin predeterminado, resultando modelos explicativos estimulantes de cuestiones estructural-funcionales que acumularon innumerables ejemplos de adaptación, la mayoría presentados acriticamente como pruebas de diseño. En definitiva y manteniendo el respeto por las ideas propias y ajenas respecto de esta postura controvertida hodgeana, se puede decir que la misma particularmente se adopta cuando existe cierto convencimiento que el darwinismo y cristianismo son excluyentes entre sí; o cuando la lógica es compartida por fundamentalistas bíblicos o por racionalistas y/o naturalistas antirreligiosos.

Sobre posturas intermedias

También hay evidencias de adopción de posturas intermedias de evolucionistas cristianos contemporáneos de Darwin, que aceptaron la teoría de la evolución, aunque excluyeron al mecanismo de la selección natural (SN) sustituyéndolo por una u otra versión lamarckista. Esto estaba sostenido por el siguiente argumento: como la SN tiene carácter azaroso y esto significa que puede excluirse toda posibilidad de diseño, entonces por carácter transitivo, queda excluido un Dios que planea el cosmos o universo según un designio.

Un ejemplo del naturalista, también religioso o evolucionista cristiano que tuvo una postura creacionista moderada, lo constituye el hijo del profesor de Cambridge amigo de Darwin, George Henslow⁴ quien, desempeñándose como botánico y a la vez como clérigo anglicano, consideraba que el ambiente era la causa primera de la transmutación de especies. Por entonces, algunos argumentos se basaban en la sustitución de la Selección Natural por alguna explicación teleológica, aceptando la influencia del medio ambiente y la transmisión de rasgos adquiridos. Se explicaban algunos casos integrando la evolución de las especies a algún sistema filosófico de evolución universal - de tipo spenceriano⁵. Así, la evolución pudo ser entendida como método de creación universal orientada a un progreso material-espiritual y guiada por la Providencia benefactora.

También el historiador James Richard Moore, describe que cuando Darwin producía *El origen de las especies* -en los años comprendidos entre 1838 y 1844-, por su mente rondaba la idea que “...el Creador crea a través de leyes y no se involucra en la creación especial de cada especie...”. Este tipo de razonamiento es interpretado como camino espiritual y, la redacción de sus manuscritos vista como una transición orientada desde una posición teológica natural a una intervencionista de Dios en el momento de la creación.

Lo anterior es también bastante coherente con la postura adoptada por William Paley (1743-1805) -conocido por la apología del Cristianismo expuesta en su *Teología Natural* donde sistematiza un argumento sobre el ya abordado diseño inteligente-. Posición que va desde la teología natural, a otra en la que Dios actúa por medio de leyes que son independientes del Creador. Esta posición se la puede ejemplificar del siguiente modo, si Dios no actúa directamente sobre nosotros y los demás seres vivos en el devenir evolutivo, lo desagradable de la SN no se le puede atribuir al gran legislador.

Al describir estos aspectos históricos, Moore también distingue dos evolucionistas cristianos que se constituyeron en ejemplos de acercamiento al pensamiento

4 Henslow, G. (1834-1925) hijo del botánico, geologista y amigo de Darwin John Henslow (1796-1861) fue botánico británico y clérigo de la Iglesia de Inglaterra. Además uno de los primeros defensores de la evolución darwiniana e interesado en los fenómenos ocultos.

5 Spencer H. (1820-1903) fue un filósofo evolutivo, más bien lamarckiano y finalista. Consideraba desde una optimista convicción en el progreso que, “un poder desconocido” era el que guiaba a la evolución y a ésta la concebía como un pasaje de lo homogéneo a lo heterogéneo.

darwiniano. Por un lado, Joseph S. van Dyke (1832-1915) quien, a pesar de carácter conservador, en su obra *Teísmo y evolución* (1886), señaló su apertura y convicción hacia el darwinismo. Y por otro, el filósofo escocés de orientación evangélica James McCosh (1811-1894), quien fue decano del Colegio de Nueva Jersey (luego Universidad de Princeton) y aspiró a una reconciliación entre Darwin y el cristianismo. Este creacionista, excepto por sus opiniones sobre la otra obra de Darwin -*El origen del hombre*-, manifestó gran apoyo a la teoría evolutiva, alegando compatibilidad sobre lo concebido en *El origen de las especies* acerca de la selección natural. McCosh fundamentaba que no hallaba conflicto entre este mecanismo y el argumento del diseño, sosteniendo que “...el diseño sobrenatural es el que produce la SN...”. Argumentó también -sobre el azar de la SN y del origen del hombre-, lo siguiente: “...si el ser humano es el resultado de una casi infinita suma de contingencias, entonces quiere decir que ese proceso tuvo que haber sido guiado por alguien...” (Asúa, 2009, p. 234).

Y con la intención de orientar a quienes quieran profundizar, es interesante destacar que, curiosa y paradójicamente, el argumento de lo contingente de McCosh, es el mismo que empleaba a fines del siglo XX y principios del siglo XXI el citado profesor Stephen Jay Gould cuando escribió obras como *La vida maravillosa* (1989) y *La estructura de la teoría de la evolución* (2002). Allí hace hincapié en la gran importancia del fenómeno de la contingencia, sosteniendo -por ejemplo en su descripción e interpretación de la fauna fósil marina hallada en la cantera Canadiense Burgess Shale-, que la historia de la vida sobre la Tierra, no podría repetirse otra vez de la misma manera y llegando al mismo resultado actual. Aunque a diferencia de McCosh, Gould usa el argumento de tal fenómeno para negar la existencia de finalidad (o causa final) de la evolución.

Continuando con otros autores del siglo XIX que intentaron hacer una síntesis entre la SN y el cristianismo, cabe mencionar los aportes al desarrollo del pensamiento humano de Autrey Lackington Moore⁶. Este autor escribió dos obras tituladas *La ciencia y la fe* (1889) y *Ensayos científicos y filosóficos* (1890). Se declaraba en contra de la separación de lo natural y lo supernatural, porque consideraba que distinguir tajantemente entre estos órdenes llevaba a una concepción deísta interpretada aproximadamente del siguiente modo: Dios creó el universo y lo dejó correr

6 Autrey Lackington Moore (1848-1890) fue clérigo anglicano y experto botánico muy familiarizado con las ciencias de la época.

al libre albedrío. Posteriormente su reflexión pasa a ser: “Dios no delega su acción a causas secundarias o indirectas, sino que en forma opuesta a esto, la naturaleza es resultado de su acción directa o de su poder inmanente”.

Además de estar convencido de la necesidad de rechazar las intervenciones ocasionales del Creador, el evolucionista cristiano Moore sostenía que la ciencia había empujado cada vez más lejos al Dios de los deístas. Y que, con la llegada de la teoría darwiniana -aparentemente vista como enemiga-, se había logrado en realidad una producción teórica o un estudio digno para un planteo de amistad, más que de controversia o enemistad por ese entonces. Respecto al tema del diseño, sugería que lo que hubiera de ello, en el gran concierto de la vida de los organismos, debía relatarse en términos de adaptación -en el sentido subyacente del pensamiento lamarckiano-.

Se interpreta, también desde el análisis que hace Miguel de Asúa, en la obra ya citada *De cara a Darwin*, que Moore elucidó lo que otros intérpretes consideraban que era la teleología oculta en el darwinismo. A saber: La SN implicaba que los fenómenos de la vida eran gobernados en última instancia, por la utilidad y el propósito, entendiéndose por esto que no habría ni inutilidad ni sinsentidos en tal selección, al caer bajo ella todos sus fenómenos correspondientes cuando es vista como una ley. Algo que por él mismo fue concebido como una analogía científica, al comparársela con la creencia en la Providencia. Por lo tanto, es de entender a partir de su razonamiento que no creía en la creación especial del alma y a la vez rechazaba lo sostenido por Darwin respecto a la continuidad entre el hombre y los animales.

Con detalles como el hecho de estar Darwin en conocimiento de la posición del reverendo defensor de teología natural William Paley y de la del reverendo y economista político burgués Thomas Malthus (1766-1834), resulta más fácil lograr entender según Moore que -luego de cierta indiferencia por un lado y fuerte oposición inicial por otro-, la SN casó bastante bien con la teología protestante “ortodoxa” y el anglicanismo respectivamente. No así con el calvinismo. ¿Por qué? Porque en ese contexto socio-histórico y cultural, se veía bien el hecho de pasarse mediante el concepto de adaptación desde la teología natural de Paley, hasta la SN darwiniana. Mejor todavía si ello no implicaba progreso necesario. Así, es posible interpretar en *El origen de las especies* que está implícita una teología basada en una insistencia en la adaptación perfecta de cada organismo.

Conectado a lo anterior, cabe mencionar que el calvinismo⁷ se fundamentaba en habilidades del pensamiento con razonamiento inferencial lógico inductivo-deductivo, para tensionar entre doctrinas de libre albedrío y predestinación y, con ello, buscar reconciliación del azar con la Providencia o soberanía absoluta de Dios incluyendo los actos libres. La teología anglo-católica acentuaba la doctrina trinitaria e immanencia en el mundo de la segunda Persona *-logos-*, sosteniéndose a partir de ello que la Selección Natural es método y que el diseño es significado de la actividad immanente o el sustento de Dios en el acto creador.

Por otra parte Henry Brooke⁸ desarrolla por entonces otra tesis, argumentando que el darwinismo fue mejor aceptado por los clérigos liberales, sosteniendo aspectos filosóficos, históricos y religiosos en ese contexto; a saber: uno de los motivos de tal actitud de aceptación del evolucionismo se debió a la íntima conexión entre la nueva crítica bíblica y las teorías evolutivas. Y conectado a esto, se puede decir que la propia tesis de Darwin vendría a ser como una “encarnación” de la convergencia entre *crítica histórica y científica*; por lo tanto interpretar que en la misma hay común acuerdo entre *método histórico-crítico y evolución darwiniana*.

Relaciones y alcance de la postura creacionista respecto a la evolución

Si nos seguimos basando en *De cara a Darwin* (Asúa, 2009), al creacionismo se lo puede definir como aquel posicionamiento de sentido opuesto al del evolucionismo o al que sostienen los científicos pensadores y escritores defensores de la teoría de la evolución. La gran mayoría que piensa y practica el creacionismo forma parte de grupos fundamentalistas que responden a los dogmas y mandatos de las iglesias evangélicas estadounidenses. Tales grupos, ya desde fines de siglo XIX y comienzos de siglo XX, vienen constituyéndose como movimiento conservador interno de tales iglesias, con propósitos de reaccionar ante la teología liberal mediante la estrategia de reafirmar la interpretación literal bíblica.

7 Expresión utilizada para designar la teología fundada en Juan Calvino (1509-1564) de nacionalidad francesa, considerado el padre de la reforma protestante en oposición a la doctrina jacobina.

8 Brooke, H. (1703-1783), historiador, novelista y dramaturgo irlandés -hijo de clérigo- escritor de obras referidas a la liberación de Suecia respecto de Dinamarca y de relaciones entre ciencia y religión.

En un extremo creacionista, existe el grupo denominado creacionista de la Tierra joven, que difunde la creencia que Dios fue el creador de la vida en seis días; y que a la Tierra hay que otorgarle un tiempo o edad de sólo unos pocos miles de años. Otros no tan al extremo, plantean y defienden la denominada “teoría de la brecha”; que consiste en creer que se han producido dos creaciones. Una creación, en el principio -tal vez hace algunos millones de años-, la cual fue destruida por el mismo Dios y otra, en seis días, hace unos miles de años. También existe otra postura creacionista más flexible que es practicada por grupos que interpretan el texto bíblico de una manera más liberal, entendiendo que “*los días son una figura de seis épocas*”.

Impulso y difusión del mensaje creacionista: estrategias para convencer al público

El creacionismo comienza a cobrar impulso durante la década de los años veinte del siglo XX, a través de un líder orador presbiteriano -político ex secretario de Estado y tres veces candidato a presidente de EEUU por el partido demócrata-, llamado William Jennings Bryan (1860-1925). Durante la cruzada emprendida, veía y hacía ver -a sus seguidores- que el darwinismo era algo similar a la militarización germánica de la primera guerra mundial y que estaba a tono con las fuertes corrientes anticientíficas arraigadas en la cultura y sociedad norteamericana. Hacía alarde de sí mismo al considerarse un paladín de la opinión de las personas de la calle frente a la elite que conformaba la comunidad científica de su país -en Tennessee existe una estatua que conmemora su nombre-.

Por esos años hubo otro teólogo fundamentalista -bautista, creacionista moderado por entender los días de la creación como períodos-, llamado William Bell Riley (1861-1947) quien fundó en 1919 una asociación fundamentalista cristiana mundial. También hubo en esa época quienes se presentaban como científicos creacionistas; tales son los casos del docente geólogo adventista del séptimo día George McCready Price (1870-1963) y el ministro presbiteriano Harry Rimmer (1890-1952). En 1923 Price escribió un libro de texto universitario titulado *La nueva geología*, en el que desconsideraba los aportes de la geología estandarizada al momento, exponiendo una geología propia acorde con el creacionismo literal estricto de seis días y un diluvio universal -afirmaba que los fósiles *representan plantas y animales del mundo ante-diluviano*, que perecieron en el diluvio y que no había pruebas para las suposiciones

uniformistas de la geología y de la sucesión evolutiva de formas de vida, que eran los únicos argumentos empleados para datar arbitrariamente las rocas y los fósiles. Rimmer, por su parte, sin tantos procedimientos relacionados al quehacer científico, practicaba evangelismo itinerante a través de producciones literarias populares y el dictado de conferencias. Su mensaje dejaba la impronta de la brecha, que se halla involucrada en las dos creaciones separadas.

Dos estrategias clave usadas por los fundamentalistas del creacionismo fueron, por un lado, actuar a nivel de los consejos escolares comunitarios y, por otro, presionar a los editores de textos escolares y a los maestros y profesores con el propósito de crear un clima de antievolucionismo. Un efecto de este accionar manipulador y nefasto para el desarrollo del pensamiento científico humano, durante los años veinte, fue el hecho de haber logrado en cuatro estados norteamericanos ¡La prohibición de la enseñanza de la evolución en las escuelas públicas! Y en la trastienda de todo este proceso -además del juicio citado al principio del capítulo-, en 1925 se produjo otro hecho -el llamado juicio del mono-, por el que el maestro de escuela secundaria John Thomas Scopes de la Ciudad de Dayton (Estado de Tennessee), fue acusado de enseñar evolucionismo. El acusador fue el ya mencionado creacionista Bryan. En la defensa asumida en este otro caso por el abogado defensor de trabajadores y pobres Clarence Seward Darrow (1857-1938), se logró que los fundamentalistas perdieran la batalla frente a la opinión pública, aunque no se pudo evitar que Scopes fuera condenado.

Luego de esto, en los años treinta, los evolucionistas pasaron por un período de declinación y de conflictos internos, por surgimiento de jóvenes fundamentalistas estudiantes de universidades no confesionales estatales. Estos grupos los ridiculizaban al exponerlos frente a la enseñanza científica aceptada universalmente. En 1941, el bioquímico -miembro de un grupo evangélico que creara una asociación científica americana- de la Universidad de Columbia, John Laurence Kulp (1921-2006), dispara críticas a McCrady Price y a la larga se logra adoptar posiciones más aproximadas al pensamiento científico, como lo son algunas formas del pensamiento evolutivo cristiano.

La historia del creacionismo y sus formas de expresión no terminan aquí; y a mediados de la década de 1960, vuelve a renacer con el creacionista bautista del Estado de Tejas, Henry Madisson Morris (1918-2006), quien en 1961, junto al teólogo de fracción conservadora de las iglesias de los hermanos de la Gracia, John Clement

Whitcomb, publican el libro -que viene a ser una actualización de la famosa línea Tierra joven de Price- titulado *El Diluvio Genesíaco*. En 1963 se funda una sociedad de investigación sobre la creación (CRS). A finales de los años sesenta dos amas de casa pertenecientes al grupo CRS de California y una asociación bíblica sin aspiraciones científicas, terminan albergando a personas que cuestionan el universo heliocéntrico. La consecuencia negativa -desde el punto de vista del desarrollo del pensamiento científico- fue que el Consejo Estatal de Educación de California determinó que en las escuelas del estado se enseñara la visión creacionista conjuntamente a la visión y contenido de la evolución.

A partir de este hecho socio-cultural-educativo en los aires de victoria creacionista, se crea un centro de investigación sobre la ciencia de la creación en un colegio de San Diego. Tal colegio cristiano fue fundado por Reagraves y a él se asocia Henry Morris para producir literatura creacionista que sería destinada a escuelas estatales. Hubo conflictos internos con un consecuente alejamiento por parte del fundador y Morris aprovecha la ocasión para fundar un Instituto de Investigación sobre la Creación (CRI). El propósito que tenía era el de agrupar científicos de pensamiento creacionista estricto.

En los años setenta, los creacionistas comienzan otra pelea político-educativa, buscando que se otorgue el mismo tiempo para la enseñanza de la evolución que para la “ciencia creacionista”. Los grupos fundamentalistas operaban con una estrategia camuflada -que consistía en hacer creer a la opinión pública y funcionarios políticos sobre la renuncia a la mención de la Biblia y religión-, presentando al creacionismo como una postura estrictamente científica. Así se descubre luego, por ejemplo, que el texto *Creacionismo científico* publicado en 1974 por el CRI para escuelas medias ¡Tenía dos versiones! Una que no mencionaba la Biblia para escuelas públicas y otra, para escuelas cristianas, que incluía un capítulo sobre la creación de acuerdo con las Sagradas Escrituras.

En el año 1968, la Suprema Corte de los EEUU declara inconstitucional la ley antievolucionista de Arkansas; aunque dos legislaturas estatales -la misma Arkansas y Louisiana-, adoptaron la posición y condición de igual tiempo para la enseñanza de la evolución y el creacionismo. En 1982, un juez federal declara que la política de igual tiempo resultaba ser una decisión inconstitucional y tres años posteriores pasaba lo mismo con la ley de Louisiana. En 1987, la Corte Suprema de ese mismo país, establece también que es inconstitucional la enseñanza de la “ciencia creacionista”.

Y en consecuencia, el movimiento que reimpulsó el creacionismo se metamorfosea.

Resumiendo lo anteriormente expresado en los últimos párrafos, luego de sufrir este otro revés proveniente del poder legislativo y del judicial, dicho movimiento creacionista basado en la doctrina que afirma que cada especie fue creada por Dios en forma separada, a través de cambios de posturas de sus partidarios, vuelve a transformarse. Se reconvierte o combina como otras veces lo había hecho, fusionándose -con el surgimiento del diseño inteligente- entre sus seguidores y defensores que comienzan a pregonar y argumentar sobre el mismo que “ciertos aspectos de los seres vivos se pueden explicar mejor, si se recurre a una inteligencia sobrenatural que a la Selección Natural”.

Creacionismo, diseño y evolución. Aportes para un posible diálogo o debate

Si preguntamos ¿Qué resultó favorecido? ¿El diseño o la evolución?, como respuesta posible nos podemos basar en otra derrota del creacionismo. En diciembre de 2005, también los creacionistas reconvertidos y defensores del diseño inteligente sufrirán otro revés; ya que nuevamente un juez federal estadounidense declaró inconstitucional la práctica de su enseñanza en un distrito escolar de Pennsylvania. La sentencia de inconstitucionalidad se basó en datos e indicadores de la realidad educativa que confirmaban que se requería a los docentes de clases de ciencias de escuelas públicas, la presentación del diseño inteligente como contenido alternativo a la evolución, articulada a ideas de mutación, azar y SN. Con estos elementos y recursos ¿Es posible entonces iniciar un nuevo debate o diálogo entre evolución y creación tanto en las instituciones educativas de nivel primario y medio como en las de formación docente? Creemos que sí es posible, por varios motivos profesionales y por interés del alumnado puesto de manifiesto por ejemplo en las clases de historia, ciencias y seminarios específicos -razones de espacio impiden una explicitación acerca del estudio realizado y trabajo considerado-.

Actualmente aún se buscan alternativas de conciliación entre creación-evolución; un ejemplo de esto es la labor que desempeña el teólogo protestante alemán Jürgen Moltman, quien ofrece a través de una teología de la esperanza y/o de una doctrina ecológica, una propuesta fundada en dar sentido de comunidad al ser humano y la naturaleza. La relación tradicional de dominio se reemplaza por la

de comunión pluriestratégica y pluricéntrica entre hombre-naturaleza y entre Dios-naturaleza creada. Sostiene una visión panenteística concebible y representable en términos trinitarios y en la cual el Dios que ha creado el mundo habita en él y el mundo creado por Dios existe en él. Concibe la creación junto con el futuro para el que ella fue creada y en el que ella alcanza su consumación. Y como desde un principio está orientada al sábado -fiesta de la creación- éste es la prefiguración del mundo por venir. Y como Dios creador alcanzó la gloria en el descanso sabático, esto implica que la historia de la creación es la historia de la relación de Dios con su creación.

La conclusión a la que arriba Moltman podría ser muy útil como principio -o válvula- de regulación y control de todo diálogo entre evolución y creación. Plantea que “es sólo posible y razonable vincular el concepto de evolución con el término creación, si ambos están libres de todo tipo de ideologización y si se aceptan estrictamente para hablar del campo al que ellos se referían originariamente”. Esto puede ser tomado como ingenuidad en el debate, ya que a esta altura de las circunstancias y del desarrollo epistemológico, no podemos compartir que ciencia y religión estén libres de ideología. Aunque puede servir para hacer notar cierta coherencia de esto con las afirmaciones de Darwin al principio del capítulo “...la ciencia no tiene nada que ver con Cristo...”. Esta afirmación se aplica a gran parte del pensamiento evolutivo actual, fundado científicamente, aunque engarzado en matriz de ideología panteísta o materialista.

Luego de estos alcances y límites se podría encauzar el diálogo y expresar en base a otra idea de Moltman: “la noción de evolución no toca el aspecto de la creación como el milagro de la existencia, sino el hacer y el ordenar de la creación; luego la evolución tiene un lugar en la doctrina de la creación continua”. Por lo cual y en contra de la vanidad antropocéntrica, hace hincapié en lo inacabado de la creación y su apertura al futuro; sosteniendo una lógica tal que el sentido del mundo no es el hombre, ni éste es el sentido de la evolución. Que el sentido del ser humano, junto con el de las cosas -que tanto interés generan en estos tiempos posmodernos porque la mayoría de las personas las relacionan más al progreso material que al espiritual- está en Dios mismo.

Evolución vinculada a la idea de progreso: orientar la discusión y el análisis

Si durante el diálogo o debate entre creacionismo y evolucionismo la cuestión queda en el terreno del progreso, podemos orientar la discusión para hacer emerger obstáculos de representación sobre la evolución. Por ejemplo con aportes de otros autores tales como el biólogo y entomólogo Edgard O. Wilson, quien fundara la sociobiología y usara como criterio de progreso evolutivo el concepto y aumento de biodiversidad. Y los del paleontólogo, teórico biólogo especialista en mamíferos George Simpson⁹ (1902-1984) como uno de los que forjaron la nueva síntesis con críticas a la noción antropocéntrica de progreso, en el caso que se entendiera a la evolución como ascenso hacia el ser humano. Argumentando por ejemplo en *El sentido de la evolución* (1961, pág. 501), una de sus obras, que “...muchos, en realidad casi todos los tipos inferiores dentro de cada phylum se han extinguido, pero los grandes grados de organización persisten. Este hecho asombroso ha confundido a algunos que creen que la evolución progresiva implica el reemplazo constante de todas las formas inferiores por las superiores...”

Luego se pueden aportar ideas de otros destacados referentes científicos, a saber: que para uno de los más sólidos evolucionistas contemporáneos, Francisco José Ayala, no existe ningún criterio de progreso que sea el mejor en abstracto. En cuanto a los divulgadores científicos, Richard Dawkins¹⁰ y el citado Stephen Jay Gould, manifiestan posiciones diferentes y encontradas sobre el progreso evolutivo. El primero defiende una visión según la cual los organismos son instrumentos de los genes -conserva la idea de adaptación por sobre el azar y la evolución gradual-; y el segundo privilegia o le da mayor importancia a la dimensión orgánica por sobre la focalización de los genes como unidades de SN, priorizando creencias sobre la evolución como el reino de la contingencia y/o casualidad y que la misma avanza por saltos y no gradualmente.

También puede resultar interesante recuperar algunas nociones y conceptos de otros representantes de la síntesis moderna para sostener argumentos en el deba-

9 Simpson, G. (1902-1984) paleontólogo, teórico biólogo especialista en mamíferos. Pionero en la lucha contra el problema de las tasas de evolución e interesado en el patrón de largos períodos de estabilidad de las especies, intercaladas con el cambio relativamente rápido; después que los creacionistas habían visto estas “discontinuidades” como evidencia de que la evolución no había ocurrido y que Darwin hubiera considerado las lagunas en un registro fósil como imperfecta.

10 El británico Richard Dawkins (1941) es etólogo, zoólogo, teórico evolutivo y divulgador científico.

te, tales como los del genetista Theodosius Dobzhansky (1900-1975), del zoólogo Ernst Mayr (1904-2005), del botánico George Ledyard Stebbins y del zoólogo Julian Huxley (1887-1975). Dobzhansky propuso que la evolución puede percibirse como un cambio de frecuencias génicas en el seno de una población. Mayr en su libro *Sistemática y origen de las especies*, establece dos nociones que permiten comprender cómo se forman las nuevas especies: el concepto biológico de especie y el modelo de especiación geográfica.

Conectar lo anterior a los defensores de la teoría sintética, ayuda a entender que la evolución de las especies resulta de la interacción entre la variación genética que se origina en la recombinación de alelos y las mutaciones y la selección natural. Lo cual tiene peso específico, pues durante más de medio siglo atrás, la teoría sintética ha dominado el pensamiento científico acerca del proceso de evolución. Y ha sido enormemente productora de nuevas ideas y nuevos experimentos a medida que los biólogos trabajaban para desentrañar los detalles del proceso evolutivo, a pesar que algunos aspectos de la teoría sintética fueron puestos en tela de juicio recientemente, en parte como resultado de nuevos avances en el conocimiento de los mecanismos genéticos producidos por los rápidos progresos en biología molecular y, en parte, como resultado de nuevas evaluaciones del registro fósil.

Sin embargo, las controversias actuales, que se refieren principalmente al ritmo y a los mecanismos del cambio macroevolutivo y al papel desempeñado por el azar en la determinación de la dirección de la evolución, no afectan a los principios básicos de la teoría sintética. En cambio, prometen proporcionarnos una comprensión mayor que la actual acerca de los mecanismos evolutivos. En el análisis realizado sobre evolucionismo y creacionismo, cabe recordar que Ernst Mayr define al darwinismo como una concepción opuesta al finalismo, que otorga a la selección natural un papel importante en la evolución, como una nueva visión del mundo, como anti-creacionismo y como nueva metodología. Según este autor, las especies además de constituir las unidades básicas de clasificación, representan también las unidades básicas de la evolución.

Para ir cerrando el tema, una síntesis explicativa de los últimos autores citados puede ayudar a cerrar el diálogo-debate de esta parte tratada y por qué no de este capítulo, dejando abierta la posibilidad de conectar y profundizar algunos de los aspectos y conceptos tratados en el próximo de este libro, en el que discutiremos las representaciones de la evolución. Finalmente diremos que es posible encontrar casi en

todas partes progreso evolutivo en un sentido genuino de la palabra, tal como Dawkins argumenta; y que la sola idea de aplicar cualquier noción de progreso a la evolución, venía a ser sólo el producto de la vanidad antropocéntrica, como Gould creía. Para ser prudentes y más justos en el razonamiento, habría que considerar al menos lo expresado por Francisco Ayala hace más de cuarenta años -en 1967, dos años antes que un par de humanos alunizaran por primera vez mientras el restante viajero en una cápsula orbitaba el satélite natural visitado-: “la Selección Natural, no es un espíritu benevolente que guía la evolución hacia el éxito seguro. Es un agente que provoca cambios genéticos que parecen tener un propósito; porque están dictados por los requerimientos del ambiente. Pero el resultado final puede ser la extinción”.



CAPÍTULO VII

Las representaciones de la evolución

Abel Marchisio

Representaciones populares y académicas de la evolución

En la historia de las ciencias y en los capítulos precedentes, se brindan varios indicios de debates y controversias que se suscitaron en torno a diferentes sentidos (estructurales, funcionalistas) y significados concebidos en el interior de la teoría de la evolución. Un ejemplo representativo de estas cuestiones se lo puede encontrar en la obra de (Gould, 1989) *La vida maravillosa*. El autor presenta en su primer capítulo gran variedad de representaciones populares y académicas, llamando la atención desde el comienzo acerca de la necesidad de ser conscientes del papel que a nivel mental desempeñan a la hora de interpretar los alcances de dicha teoría. Como iconografía de una expectativa difícil de cambiar, se muestran imágenes con “*marchas de progreso humano*” acompañadas de leyendas que refuerzan ideas intuitivas o preconcepciones del tipo “*evolución es cambio o transformación que se manifiesta sólo en el hombre*”.

Por ejemplo, hay dibujos que desde un extremo izquierdo comienzan con íconos representativos de un muy inclinado mono, gorila o de un *Australopithecus africanus*, pasando por *Homo erectus*, *Neandertal* hasta llegar a un extremo derecho con el *Hombre moderno* (a veces frente a un aviso publicitario). Esta iconografía de escala del progreso tiene propósitos comerciales en algunos casos, creacionistas por otro y también sentido de desigualdad o del humor que nada tienen que ver con interpretaciones y explicaciones científicas o académicas de la evolución basadas en principios y reglas de integración y adaptación propias de la ontogenia y la filogenia.

Lo ilustrado como cadena de seres o escala de progreso lineal, combinado a ciertos argumentos al parecer convincentes, dan cuenta que las iconografías familiares de la evolución -tosca o sutilmente según el contexto cultural seleccionado- conforma la visión confortable e inevitable de la superioridad del hombre en la naturaleza. Se entiende que son representaciones simbólicas e iconográficas de evolución de organismos o seres vivos, que operaron -y aún operan en diferentes contextos académicos, escolares, familiares, etc.- como facilitadoras, en el mejor de los casos, de estudios (por ejemplo en artrópodos y cordados) en que las mismas son tenidas en cuenta en ámbitos de aprendizaje para ponerlas en juego, refutarlas y construir nuevas hipótesis e ideas más potentes. Y como obstaculizadoras -por sus implicancias preevolutivas- ya que las ideas previas son persistentes y no siempre se produce o perdura el cambio conceptual.

Sabemos que cuesta lograr explicaciones sobre las homologías genéticas y ontogenéticas de los animales "triploblastos" y su flexibilidad en la diversificación evolutiva a través del principio de cooptación; que la arquitectura corporal derivada de los equinodermos, evolucionó en parte por modificaciones en los papeles y dominios de expresión de genes reguladores heredados de sus ancestros bilaterales. Incluso cuando el número de genes y especies examinados sean limitados, hay experiencias y demostraciones que ponen en evidencia la gran flexibilidad evolutiva en genes considerados relevantes, por sus papeles conservados en artrópodos y cordados.

En este sentido académico, importa encontrar herramientas de análisis y fuentes de evidencia para una actividad modelizadora tendiente a superar las representaciones superficiales o erróneas. Así, ante la pregunta ¿Por qué se conservan los papeles en artrópodos y cordados?, se puede seguir la hipótesis por reducción y restricción de genes Hox de sus dominios de actividad, argumentando que la especialización anatómica se correlaciona a veces con la supresión o inactivación de tales genes. O que con su reutilización para otras funciones; el cambio lento o estasis de ese tipo de genes, indica el papel evolutivo conservado de aquellos organismos. También que la sobreexpresión en posición y cantidad de los genes Hox de los vertebrados ha generado atavismos en varios experimentos, lo cual sugiere que las especializaciones derivadas evolucionan por regionalización y restricción de la expresión de ese mismo tipo de genes individuales.

Por lo cual, para los casos de la evolución de branquiópodos y de insectos, sobre la base de un precursor común y duplicaciones de genes, se puede construir un

modelo alternativo de representación de la relación que existe entre diferenciación morfológica y expresión restringida de genes Hox.

En síntesis, dada la complejidad de la realidad biológica actual, consideramos que desde un enfoque conceptual más profundo, es posible resignificar representaciones y concepciones de lo que llamamos evolución o de la teoría evolutiva, ya que ésta es vista frecuente y globalmente como un cambio que se produce en las características de las poblaciones de organismos. Teoría históricamente observada como una transformación que se manifiesta en seres vivos con efectos a largo plazo y perceptible a nivel fenotipo por acontecer en el transcurso de sucesivas generaciones. También confrontada a través de un proceso de búsqueda de evidencias empírico-formales sobre cambios y permanencias que favorecen a los individuos portadores de ciertas características heredables, por estar determinadas genéticamente y por mejorar su capacidad de reproducción.

Medios y Estrategias: los registros fósiles

A través de descripciones y del registro fósil se pudo contar, ya bien entrado el siglo XX, con otras pruebas de realidad teórico-evolutiva. Al analizarse y describirse poblaciones de fósiles con herramientas o medios de representación como lo son los diagramas, la actividad de formulación de hipótesis e inscripción del trabajo en el campo y laboratorio fue cambiando. Se readecuaron métodos y técnicas en función de inferencias que permitieron interpretaciones y explicaciones alternativas en las investigaciones sobre organismos. Con los nuevos recursos científicos y tecnológicos disponibles para el tratamiento de la información, aumentaron las posibilidades de sistematización y formalización de tales representaciones que sirvieron de análisis y síntesis de los fenómenos relacionados a los organismos: herencia, adaptaciones e interacciones en diferentes ambientes; lo cual, junto a alternativas lógicas de trabajo en otras áreas y disciplinas, paulatinamente fueron convirtiendo a la biología -cuasi como lo fue antes para la física clásica o cuántica- en una ciencia moderna con un amplio y profundo corpus teórico y diversos procederes empírico-experenciales disponibles para el diseño y ensayo de pruebas, corroboración de hipótesis, refutación, elaboración de nuevas conjeturas entre otras habilidades del pensamiento que se requirió y requiere en el desempeño de su práctica profesional.

Lo más significativo que contribuyó a que tales mejoras en la práctica profesional fueran posibles, tuvo que ver con el hecho de disponer de una estrategia cognitiva y de acción coordinada sobre instrumentos y objetos concretos tomados como documentos o elementos de prueba: los registros fósiles. Toda una novedad desde el momento que se empezaron a usar como medios útiles para la interpretación de lo que se concibe como evolución. Junto a las descripciones e interpretaciones de los citados registros, aparecieron representaciones alternativas de árboles genealógicos, acompañadas de dibujos que en cierto orden, formaron parte de secuencias de prototipos de organismos posibles de ser vistos y considerados como componentes relevantes de la compleja jerarquía evolutiva. Modelos gráfico morfológicos, ilustrativos de cambios analógicos estructurales y funcionales; útiles como recursos simbólicos en el análisis categorial.

Un ejemplo de estudio significativo de esos registros, que está bien documentado, lo constituyen los fósiles encontrados en 1909 en las Montañas Canadienses de Burgess Shale, que fueron descritos y sistematizados anatómicamente por el pionero paleontólogo Charles Walcott. Fauna fósil paradigmática, posteriormente reclasificada a nivel taxonómico por otros hombres de ciencia que la reinterpretaron, encontrando en ella una mayor relevancia para las explicaciones evolutivas que requieren del uso de conceptos tales como exaptación y contingencia.

Valor formativo de los diagramas de árboles de la vida en el campo biológico

En el pasado y actualmente, la teoría evolutiva fue y es muy importante como valor formativo para el desarrollo del pensamiento humano y, por ende, lo es para mejorar la expresión de sus representaciones; ya que en gran medida, los organismos del Planeta Tierra y sus características, son vistos hoy en relación al proceso inherente de auto y coproducción, de su desarrollo y a la vez como producto de eso que en una palabra llamamos evolución. Y en el sentido de ciencia básica o aplicada, la teoría evolutiva ha demostrado que puede iluminar cualquier campo de las ciencias biológicas, contribuyendo en el análisis, interpretación y explicación de aspectos teórico-prácticos vinculados a la autoproducción, autorregulación, conservación de la biodiversidad, medicina, agricultura, ganadería, entre otras actividades humanas centradas en el saber y saber hacer científico y tecnológico.

La biología evolutiva desde esta perspectiva de búsqueda y así concebida por los caminos y senderos del devenir histórico, se ocupa entre otras cosas de captar abstracciones que se presentan en diagramas de *árboles de la vida* para lograr entender aquellos procesos que han dado lugar a la singularidad-diversidad de características en los organismos. Y con ello, explicar con algunas certezas cómo llegó a ser tal o cual individuo-población dentro de una región, un producto de una determinada secuencia: por qué son de tal o cual forma y no de otra diferente. Por lo tanto, en los procesos de estudio, transmisión-reconstrucción, comunicación de conceptos relacionados con el quehacer científico-académico vinculados también a la paleontología evolutiva como parte constitutiva, se trata de analizar a la luz de biología, las evidencias de ciertas poblaciones de especies halladas en situación y por transformación; contrastándolas en relación a diferentes factores intervinientes como las mutaciones, procesos estocásticos e imprevistos como la contingencia además de los mecanismos de selección natural de sus características.

Evidencias empíricas tan reales como los fósiles y registros virtuales -en el sentido de contar hoy con sofisticados medios y técnicas de simulación computacionales para representarlos-, son consideradas pertinentes por investigadores que tratan de ajustarse a ciertos paradigmas, enfoques o modelos teóricos para realizar sus predicciones y explicaciones. Evidencias del organismo o población a la que pertenece como objeto de estudio, que por otra parte sirven para orientar la epistemología y metodología subyacente empleada por quienes investigan al relacionar variables entre sí y al intentar construir el dato significativo -por ejemplo cuando la búsqueda se orienta a encontrar un antecesor común, promotor y duplicador genético de otros dos- en el programa/proyecto de investigación cuali y cuantitativo implementado.

El desafío de representar el sentido y significado de la evolución de la vida a partir del acervo de conocimiento teórico-práctico que tenemos a mano, es complejo y entre otras cuestiones relacionadas a la *"mutación negativa o inhibición de genes"*, *"hibridación creativa"* y *"equilibrio puntuado"*. Implica *"romper moldes"* y tener una visión común de árboles evolutivos *"modulares"*, de un tipo de representación en *"mosaico"* o en *"red"* mostrando y argumentando por ejemplo que, para el caso de eucariotas, a partir de una comunidad ancestral común de células primitivas, adquirieron los cloroplastos y mitocondrias de las bacterias y que en el proceso pudo ocurrir transferencia horizontal de ADN; que muy probablemente existió una *"amalgama"* de aportes genéticos entrecruzados. Profundizando esto, significa que en la

representación de la realidad evolutiva, existen sintagmas o complejo gen-proteína que controlan el desarrollo embrionario de ojos-patas-alas, independientemente del Phylum al que correspondan. Tal como ocurre en los apéndices de los vertebrados y artrópodos que no son órganos homólogos, al observar y comprobarse que en su morfogénesis hacen uso de genes y sintagmas conservados.

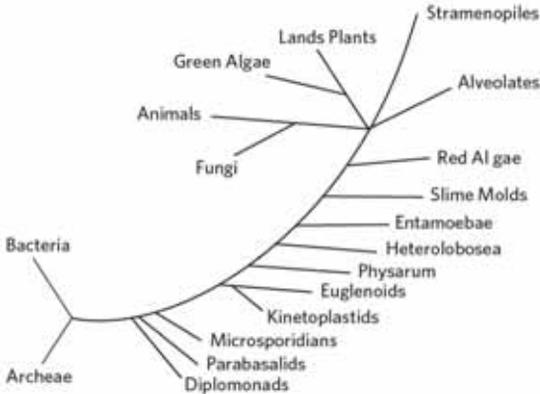


Figura 7.1: representación del paisaje eucariótico o de un árbol desde la filogenética molecular con tecnología de secuenciación del ADN. Mientras más emparentados estén dos organismos, más similares serán sus secuencias de ADN debido al poco tiempo disponible para acumular muchos cambios independientes en sus secuencias genéticas. Comparando estadísticamente las similitudes y las diferencias entre tales secuencias de un mismo gen proveniente de varios organismos, podemos deducir el patrón de parentesco entre ellos. Patrón que generalmente se representa como un diagrama de árbol, muy parecido a un árbol genealógico. Mientras más cerca se encuentren dos linajes en el árbol, más cercana es su relación evolucionaria. Una convención estándar es que mientras más profunda (es decir, más cerca del tronco del árbol) se encuentra la separación entre los dos linajes, más lejana en el tiempo ocurrió la separación evolucionaria, es decir, la “especiación”. Basado en Doolittle (2001). Fuente: www.actionbioscience.org/esp/evolucion/dacks.html. (Consultado en Agosto de 2011)

Ayuda a comprender lo argumentado en el párrafo anterior, el hecho de conectar con la idea que los genes Hox implicados en ese control de desarrollo embrionario de tejidos-órganos, son secuencias repetidas en “tándem” y que los responsables de las repeticiones en el ADN son los retrotransposones. Entonces la idea básica esencial a construir -junto al cambio de representación sobre evolución que se pretende- es “captar genomas” y demostrar que la fuente principal de variación heredi-

taria no es la mutación aleatoria, sino la adquisición de genomas para entender que son las *fusiones biológicas* que se inician en forma de *simbiosis*, las que constituyen el “motor” de la evolución de las especies. Formar en este tipo de representaciones de evolución azarosa y micromutacional que vuelve obvio la persistente carencia de formas intermedias en el registro fósil, es más significativo que hacerlo sobre la base de una representación de un frondoso árbol de parque o bosque convencional.

Podemos ir por más descripciones y nuevas interpretaciones de tradicionales y modernas teorizaciones de la realidad de la vida, lo cual requiere del gran esfuerzo de reformular teorías y replantearnos interrogantes, principios y propiedades emergentes para tender a hacerlos más inteligibles y coherentes con el pensamiento científico de la época. Sabemos que es posible emplear lógicas inferenciales dentro de una hipótesis o de un marco y/o sistema de referencias más o menos estable y que la estrategia de apoyarse en instrumental confiable y válido para analizar “módulos” con uno o más “algoritmos genéticos” sirve para detectar indicios de evolución por “saltos” basándonos en “infecciones masivas” de módulos ADN vía virus en momentos de grandes cambios geoclimáticos y, con esto, lograr esquemas alternativos relevantes. Y no olvidamos que a la hora de explicitar argumentos, tiene que emerger alguna novedad, palabra o categoría representativa -como la de contingencia o exaptación en el caso de la obra citada-. En ese sentido vamos decodificando y reconstruyendo nuestro relato de ese devenir en que está presente el cambio o la permanencia, el origen de la secuencia, configuración, despliegue, desarrollo de tal o cual órgano vinculado a su función orgánico-sistémica. Cuidamos que toda esa complejidad susceptible de ser representada esté montada en un escenario particular/general posible de ser imaginado, modelizado y/o formalmente verificado.

Importa hacer visible en la narrativa que da cuenta del devenir histórico de la flora o fauna focalizada -visualizada a través de dibujos o modelos icónicos estructural/funcionales correspondientes a los objetos de estudio-, su posible imagen objetivo. ¿Para qué? Para no perder de vista la macro, meso y micro representación a nivel fenotipo o genotipo y para una mejor comprensión de lo estudiado -que sin dudas traerá como consecuencia otra representación alternativa del proceso/producto de evolución-. Una vez logrado esto, puede resultar muy adecuada e interesante la contrastación de semejanzas y diferencias entre modelos de población de organismos; articulando teórica y metodológicamente con otro caso también focalizado, estudiado, analizado e informado desde una misma u otra comunidad

científico-académica de referencia. Algunas conclusiones sobre pautas y normas de autorregulación-equilibración de tales organismos situados bajo lupa, resultarán quizás muy útiles -desde el punto de vista conceptual y metodológico- para emprender un nuevo ciclo de investigación y desarrollo posterior. Modelos-analogías y esquemas aproximativos, que acerquen el conocimiento y nuevos saberes; y más aún quizás en el lector provoquen renovados signos de interrogación, admiración y de lo maravilloso que resulta ser la vida en diversos territorios, mares o glaciares representados aquí o allá.

Un caso como ejemplo para focalizar, formular interrogantes e hipótesis y analizar un tipo de representaciones

Con la intención de hacer notar la importancia del concepto de evolución, sus representaciones y la evolución de éstas, nos centraremos en lo que plantea Gould en una de sus obras *La vida maravillosa*. Nos ayudaremos con algunos interrogantes útiles para el despliegue de argumentos tales como ¿Qué significa no ser el resultado necesario de la evolución, sino una mera circunstancia?, ¿Cómo se interpreta su metáfora disparadora: si la cinta de la vida se rebobinara y volviera a empezar desde el principio, el planeta podría estar poblado por una variedad completamente diferente de formas de vida entre las que no nos encontraríamos nosotros?

Gould publica el texto de la obra aludida, haciéndolo depender mucho de las ilustraciones (animales visuales ante todo para hacer notar su anatomía y lograr ser gráfico como verbal). En tal sentido, se vale en gran medida de lo ilustrado y publicado originalmente por su colega paleontólogo Whittington, a quien expresa su inmenso respeto entre otras cosas por la excelencia de tales ilustraciones. Manifestando además que él, al escribir esta obra, actúa como un cronista fiel a las fuentes primarias que le resultaron cruciales para el desarrollo de su profesión. Respecto de las representaciones, plantea que usa aproximadamente un centenar de figuras que básicamente son de dos tipos: a) dibujos de ejemplares reales y b) reconstrucciones esquemáticas de organismos enteros. También señala limitaciones de tales ilustraciones técnicas, considerando que no muestran a un organismo como un ser verdaderamente vivo.

En el Prefacio del libro, Gould manifiesta haber estado obsesionado con Burgess Shale más de un año y también haber interactuado con colegas y estudiantes por sus propios interrogantes y problemas para interpretar tal fauna característica; lo cual le

servió para mejorar su producción y alegrarse de compartir el amor común hacia 'la historia de nuestra vida maravillosa'. En tal sentido, si no hubiera sido por una serie de acontecimientos ajenos a la biología, como la llegada a la Tierra de un meteorito, el levantamiento de cadenas montañosas, grandes movimientos de continentes y otros de menor escala, no estaríamos ahora aquí. Ninguna forma de vida puede considerarse superior a las demás, porque ninguna está a salvo de la hecatombe. Para demostrar esta hipótesis, se expondrán algunos análisis y resumirán distintas interpretaciones y explicaciones acerca de ¿Qué sucedió con la fauna de Burgess Shale?

Una representación errónea: evolución sólo como una mejora de los prototipos

De similar modo que la explosión del Cámbrico señala la aparición de prácticamente todos los principales grupos de animales modernos en pocos millones de años, Burgess Shale representa un período posterior a tal explosión; es decir, una época en la que toda la variedad de productos habitaba en los mares. Estos fósiles canadienses preservan la blanda anatomía de los organismos, la cual es una ventana a la verdadera gama y diversidad de la vida antigua. Así, la fauna de Burgess Shale se constituye en el primer florecimiento de la explosión cámbrica. Fue descubierta en 1909 por otro paleontólogo, Charles Doolittle Walcott quien, orientado por cierta tradición sistemática, procedió a interpretar erróneamente a estos fósiles. Trasladó tal error de una manera completa, pues hizo "entrar con calzador" hasta el último de los animales de Burgess Shale en un grupo moderno, considerando colectivamente aquella fauna como, un conjunto de versiones ancestrales o primitivas de las formas posteriores, que por evolución se ven mejoradas.

La obra paradigmática de (Walcott, 1920) fue puesta en duda después de más de 50 años, luego que en 1971 el Profesor Harry Whittington de la universidad de Cambridge, publicara una primer monografía de carácter integral y revisionista. La completa obra comenzaba con las suposiciones de Walcott y terminaba con una interpretación radical de toda la historia de la vida. Junto con sus colegas logró demostrar entonces que la mayoría de los organismos de Burgess Shale no pertenecieron a grupos familiares y que los seres vivos de esa cantera de la Columbia Británica, sobrepasaron -respecto a variación anatómica-, el espectro de la vida invertebrada que habita los océanos como lo podemos observar y comprobar actualmente.

Representación alternativa: arbusto ramificado y podado por la extinción

Tal interpretación y demostración con nueva evidencia provocó una consecuente modificación de sentidos en la clasificación de los organismos realizada hasta ese momento. Comenzaron a cambiar algunos aspectos teóricos y prácticos acerca de lo que por entonces significaba la evolución orgánica, el devenir inherente al desarrollo de la vida a partir de esos prototipos. Se reinterpreta ahora la historia de la vida viéndola como aquello símil a una narración de eliminación masiva de organismos, seguida de diferenciación en el interior de unos cuantos *stocks* sobrevivientes. No es ya el relato convencional de un aumento constante de excelencia, complejidad y diversidad. La vida viene a estar representada por un arbusto que se ramifica y que es podado por la extinción y no por una escala de progreso predecible. Comienza a ser plausible y presente en los análisis de la realidad biológica, que el nuevo modelo es válido para afirmar o concebir que nosotros cometemos errores inspirados en la fidelidad inconsciente a la escala del progreso, aún cuando negamos una concepción de la vida tan inhabilitada por las condiciones internas o externas que supuestamente soportaron tales organismos.

Dos errores a considerar en la nueva concepción

Para entender mejor esta nueva concepción -fruto del estudio- y proceso representativo de lo que allí -en la cantera canadiense- aconteció, consideremos al menos dos errores:

1. En primer lugar, citar estirpes que no hayan tenido éxito como clásicos de evolución. Intentamos con esto, extraer una línea de avance de toda la topología de ramificación copiosa viéndonos atraídos por arbustos tan cercanos al borde de la aniquilación total, que sólo conservan una ramita superviviente. Luego ésta es vista como el colmo de los logros progresivos en vez de interpretarla como resultado, probablemente, de la última boqueada de un linaje más rico. El autor se vale de un ejemplo y cita el caballo de batalla (acompañando con una figura ilustrativa de genealogía del mismo, como versión original de la escala de su progreso), argumentando que hay una conexión evolutiva sin solución de continuidad que enlaza *Hyracotherium* -antes *Eohip-*

pus- con los modernos *equus* -más grandes, menos dedos y dientes con coronas más altas-. En tal ejemplo, lo que se afirma es la idea que la secuencia *Hyracotherium-Equus* no es una escala, ni tan sólo una estirpe central; es una ruta laberíntica entre miles de un matorral complejo, sosteniéndose que en tal ruta se ha conseguido prominencia sólo por una irónica razón, la de que todas las demás ramitas se han extinguido, instalando con ello la posibilidad de nueva representación más cercana a la realidad evolutiva. En tal sentido representativo, *Equus* es la única ramita que queda y por ello se coloca en el extremo de la escala en nuestra falsa iconografía. De esta manera, los caballos son un ejemplo relativo de la evolución progresiva, porque su arbusto ha tenido poco éxito. Al preguntarnos ¿Por qué cuesta tanto encontrar otras realidades evolutivas?, quizás una respuesta sea que no tenemos un acervo de conocimiento basado en evidencias como las planteadas al principio del capítulo, que den cuenta de la evolución del mecanismo regulatorio para inactivar genes Hox en poblaciones celulares seleccionadas. La iconografía y la narrativa empleada en el texto, hace notar la dificultad humana para escuchar y ver fácilmente una imagen de historia evolutiva aplaudiendo triunfos reales como la de los murciélagos, antílopes o roedores, los cuales pueden ser considerados verdaderos “campeones” de vida mamífera.

2. El segundo error señalado por el autor, lo constituye el hecho de abandonar la escala y reconocer el carácter ramificante o divergente de las estirpes evolutivas, ilustrando el árbol de la vida de manera convencional para validar esperanzas de progreso predecible. Es típico que tal árbol crezca con pocas limitaciones cruciales sobre su forma. Por un lado, porque es muy común encontrar representaciones tales como *“cualquier grupo taxonómico bien definido puede trazar su origen hasta un antepasado común único”*; luego *“un árbol evolutivo debe tener un tronco basal único”* (criterio monofilético por sobre el polifilético). Por otro lado, porque todas las ramas del árbol mueren o bien se ramifican más. La separación es irrevocable; las ramas diferentes nunca se unen. Lo cual puede ser considerado como válido para animales pluricelulares complejos, aunque no aplicable para toda la vida; ya que hibridación entre estirpes distantes se da frecuentemente en plantas, produciendo un árbol de vida parecido más a una red que a un arbusto convencional.

Se expresa también en el relato de *La vida maravillosa* que dentro de las limitaciones propias del monofiletismo y divergencia, las posibilidades geométricas de los árboles evolutivos son casi infinitas; ya que los mismos pueden expandirse hasta una anchura máxima y posteriormente estrecharse continuamente -análogo a la forma que adopta un típico árbol de Navidad-. O por lo contrario, diversificarse rápidamente y después mantener su anchura mediante un balance continuo entre innovación y muerte. También se advierte la posibilidad alternativa que de modo similar a lo que sucede realmente a una planta rodadora, se pueda producir una compleja ramificación cruzada, lo cual es muy pocas veces captado en manuales y libros de texto, predominando en la iconografía convencional, adherencia a un modelo primario denominado “cono de diversidad creciente”, una especie de árbol de Navidad al revés.

Representación de árbol invertido que se interpreta (frecuente y erróneamente) como que la vida empieza con lo restringido y simple, progresando hacia arriba, más y mejor. Al mostrarse la figura de otro caso, el de celomados -animales con una cavidad en su cuerpo-, la iconografía muestra el origen regular de todo lo que evoluciona a partir de un simple gusano plano. El tronco del árbol se escinde en unas pocas ramas básicas; ninguna de éstas se extingue sino que se diversifica cada vez más, con un número de subgrupos en aumento continuo. Más adelante se citan otros ejemplos representativos de errores por usar iconografías tradicionales y prejuicios. Tal es el caso del género “*Limulus polyphemus*” o las denominadas “cacero-las de las Moluscos” que datan de sólo 20.000.000 de años. Es común encontrar que se las representa mal desde la escala de su vida (200 millones de años) y son juzgadas frecuentemente como simples -por consideradas equivocadamente como fósiles vivientes al producir pocas especies o bajo potencial evolutivo para la diversificación- y desde el cono de diversidad creciente, como antiguas. Lo cual no es una representación correcta, por ser un caso de especies modernas, morfológicamente semejantes a sus formas primitivas.

Otros alertas y razones para no posicionarse desde representaciones etnocéntricas

Es sabido que la teoría de la selección natural de Darwin, asesta un duro golpe al antropocentrismo muy instalado en la sociedad europea occidental de aquel entonces. Y el texto que versa sobre las iconografías de la evolución de Gould da

cuenta además de alertas originados en mitos y primeras explicaciones científicas, provenientes de la cultura occidental. Supuestamente, ésta habría rendido homenaje –persistentemente- a “*deseos del corazón*”, lo que lleva a considerar por ejemplo, al relato original del Génesis por mostrarnos un mundo de sólo algunos miles de años habitado siempre por humanos -a excepción de los cinco primeros días- y poblado de criaturas hechas para utilidad o beneficio y subordinadas a nuestras necesidades. Haciendo referencia a los aportes brindados por Freud desde la psicología, el autor manifiesta la importancia que nuestra relación con la ciencia sea paradójica, por el precio casi intolerable que se paga por cada ganancia de conocimiento y poder.

En tal sentido, es posible reconocernos como productores de conocimiento a partir de la reflexión sobre la gran información que circula. Y a la par reconocer que la Biología cambió nuestra posición desde un simulacro de Dios a un simio erecto y desnudo; y que la Física, Geología y la Astronomía, por ejemplo, nos hicieron ser más conscientes del lugar galáctico o rincón cósmico en que nos movemos junto a nuestro mundo. Somos conscientes que el planeta Tierra ha resistido alrededor de cuatro mil quinientos millones de años, y la existencia humana solo ocupa el último milimicrosegundo geológico de la historia. Que nosotros somos como una idea tardía, una especie de accidente cósmico, por lo cual, el autor que venimos citando, señala que podemos aceptar las implicaciones y aprender a buscar el significado de la vida humana o bien dedicarnos a buscar el consuelo cósmico en la naturaleza, leyendo bajo una luz distorsionante la historia de la vida.

Entonces se argumenta de forma convincente que la vieja cadena de los seres proporcionaría el mayor consuelo; a sabiendas que los organismos más simples no son antepasados del hombre, ni prototipos, sino sólo ramas colaterales en el árbol de la vida. Es en gran medida por responder a tal cadena de seres ese gran obstáculo que aparece en las representaciones del cono del progreso y de la diversidad creciente; y, por ende, ante tal expectativa viene en consecuencia la elección de la iconografía preferida por los tradicionales paleontólogos. El cono implica desarrollo predecible, es lo que hizo posible la interpretación original de la fauna canadiense por Walcott, ya que según su expectativa, los animales tan cercanos en el tiempo al origen de la vida pluricelular, tenían que situarse en el cuello estrecho del embudo. Los animales de Burgess Shale fueron clasificados como formas primitivas dentro de grupos modernos, como animales ancestrales que podían con el aumento de su complejidad, progresar hasta alguna forma familiar, de los mares modernos.

En el relato de la obra y análisis exhaustivo del error previo en la clasificación jerárquica de la fauna, se expresa con vehemencia la importancia de la estructura de los prototipos (detalles de diseño bilateral, ojos, entre otras) en la evidencia fósil y se reconoce que el mayor reto a la iconografía del cono, lo constituyeron las reconstrucciones radicales de la anatomía de los animales de Burgess Shale que presentaron Whittington y sus colegas. Cabe resaltar que fueron los que al innovar pensaron al revés, pues al colocar cabeza abajo la interpretación tradicional, invirtieron el cono al constatar que los grupos familiares estaban alejados de la gama actual. La extensión de la variedad anatómica alcanzó un máximo después de la diversificación inicial de los animales pluricelulares -específicamente, los biólogos emplean el término diversidad en varios sentidos, como número de especies distintas en un grupo y como diferentes planes corporales-.

Para ayudar a comprender esta cuestión es válido el siguiente ejemplo: tres ratones de especies distintas no generan una fauna diversa, pero un elefante, una hormiga y un insecto, sí hacen a la diversidad biológica por su complejidad diferenciada a partir de una homonomía ancestral; más allá que cada grupo contenga tres especies. Así es posible captar por un lado que una cuestión importante para revisar de tal fauna, reside en la diversidad. Por otro lado, importa analizar la estereotipia o aspecto de disparidad de planes anatómicos, pues a través de este concepto se explica cómo es posible el hecho que la mayoría de las especies estén embutidas en unos pocos planes anatómicos, constituyéndose ello en una característica clave de la vida moderna y en el motor que impulsa la diferenciación del mundo de vida animal “burgesshaliense” ¡Y del nuestro! ¿Qué se puede decir, luego de esto?

Revisar e imaginar la historia posterior a la vida: representando un proceso iterativo de eliminación estocástica

La historia evolutiva o devenir histórico posterior puede ser entendido en base a los hallazgos de la fauna fósil en la citada cantera y en función de lo sistematizado y representado por el grupo de investigadores que puso en tensión la producción, el análisis y el relato científico anterior. Actualmente -y tratando de ser coherente con el caso de fauna fósil marina que venimos analizando-, tal devenir puede ser entendido como un proceso que actuó básicamente por eliminación y no por expansión. Ya que si bien es cierto que la tierra actual puede contener más especies de las

que nunca tuvo antes, también es factible probar a través de modelizaciones analógicas (basadas en estructuras de organismos reales) y/o digitales (simulaciones por computación como los denominados “arrays” o mosaicos de expresión génica) que la mayoría de éstas, pueden resultar de iteraciones sobre unos cuantos diseños anatómicos básicos.

Comparados con los mares de Burgess Shale, los océanos de hoy contienen muchas más especies basadas en muchos menos planes anatómicos. El profesor Gould, estratégicamente, vuelve a emplear en sentido figurativo una representación adecuada de una iconografía que refleja lecciones con principios y normas de estructura, función y funcionamiento de la población faunística citada. Siguiendo el diagrama de árbol de la vida y su correlato, se interpreta que la máxima gama de posibilidades anatómicas ha surgido de ese mundo primitivo, con el primer ímpetu de diversificación. La historia posterior es un relato de restricciones: a medida que la mayoría de estos experimentos horizontalizados de desarrollo tempranos sucumben, la vida se asienta para generar variantes, a partir de unos pocos prototipos o modelos de organismos supervivientes.

En este sentido, la iconografía invertida no implica una visión revisada de la predecibilidad y dirección evolutivas; por lo cual se puede afirmar que todas las posibilidades de la fauna marina, excepto un pequeño porcentaje, sucumbieron. Los perdedores fueron sentenciados y los supervivientes ganaron por una causa justificada, lo que hace suponer la existencia en éstos de una ventaja en la complejidad anatómica y capacidad competitiva. Este fenómeno de eliminación masiva a partir de una dotación especial de formas con concentración de toda la historia futura en unos cuantos linajes supervivientes, fue denominado por Gould como “diezmación”. Lo cual significa que la preservación de sólo algunas de las posibilidades de Burgess Shale funcionó como algo análogo a una “lotería”. Con el concepto de diezmación, el autor explica el origen aleatorio de la supervivencia o de la muerte y la elevada probabilidad global de extinción. En tal mundo, mueren muchos y pocos son los escogidos, una probabilidad de muerte del 90% y de vida del 10%. Diezmación es la metáfora adecuada para el destino de la fauna, la eliminación al azar de la mayoría de los linajes.

Aquí es buen momento para introducir otras preguntas y despertar la capacidad imaginativa para relacionar teorías y conceptos implícitos, ¿Pudo ocurrir que un pez del agua y su linaje hayan prevalecido porque un rasgo que apareció por evo-

lución para un uso distinto, permitió la supervivencia durante un rápido cambio en las reglas? Y ¿Qué pasaría si somos el legado de este pez y el resultado de otros mil accidentes igualmente afortunados? Una respuesta alternativa que brinda el autor citado es la de plantear un experimento con el propósito de tomar la decisión entre la interpretación convencional y la radical de la eliminación. Tal experimento consiste en “*volver a tocar la cinta magnetofónica de la vida*”, donde se borra todo lo que sucedió y después, se deja que la cinta avance de nuevo y se observa si la repetición se parece en algo al contenido de la cinta original. Algo parecido al “*efecto mariposa*” donde por procesos iterativos en los que interviene el azar y el caos, es imposible obtener dos resultados idénticos.

Otros interrogantes orientadores y posibles de formular son, por un lado a) ¿Cómo un fenómeno de esta magnitud pudo surgir tan rápidamente con tanta disparidad? y, por otro, b) si la vida moderna es un producto de la diezmación en esa cantera ¿Qué aspectos?, ¿Qué función? y ¿Qué cambios ambientales? establecieron la pauta de quién iba a cooperar, perder o ganar? En tales sentidos, debe preverse antes de lo argumentado que el experimento plantea lo siguiente: si un acto de diezmación es independiente desde el mismo punto de partida, tendría que dar algo parecido a los mismos grupos y a la misma historia que el planeta ha contenido o metafóricamente “presenciado” con el paso del tiempo.

Las afirmaciones e interrogantes precedentes constituyen para el caso y las analogías presentadas, los resultados obtenidos mediante combinaciones de modelos y reglas. Siendo indicadores más o menos fieles que la aptitud no puede ser definida después del hecho, por la supervivencia, sino que debe ser predecible antes del reto, mediante un análisis de la forma, fisiología o el comportamiento en este caso de la fauna marina considerada. La mejor supervivencia es una predicción a comprobar, no una definición de la adaptación. Según Gould, deberíamos ser capaces de identificar a los organismos ganadores mediante el reconocimiento de su excelencia anatómica, o de su ventaja competitiva. Idealmente, podríamos visitar la fauna canadiense en su apogeo, detectar el momento en que todos sus elementos prosperaban y “experimentar” separando las especies destinadas al éxito -aquellas en las que se identifique alguna ventaja estructural definible-; pero aún desconociendo si tal fauna fosilizada accidentalmente estaba en ese momento crucial en pleno apogeo. Admitiremos luego que no tenemos evidencia alguna que los perdedores en la gran diezmación fueran sistemáticamente inferiores en diseño adaptativo a los que sobrevivieron.

Cabe mencionar aquí que los paleontólogos referentes de la obra de Gould fueron Whittington -experto en trilobites-; Briggs -quien en 1992 escribiera la obra *"Disparidad morfológica en el cámbrico"*- y Simon Conway Morris -quien en 1998 desafiara al mismo Gould a un debate que luego se publicara bajo el título *"acerca de Burgess Shale"*. Y que cada uno por su parte, empezaron a destacar la cuestión que un observador contemporáneo no podría haber seleccionado los organismos destinados al éxito. Mirando hacia el futuro de Burgess Shale, habría sido difícil predecir quienes pudieron haber sido los supervivientes. Conway Morris reconoció que si los organismos *"wiwaxidos"* hubieran vivido, y desaparecido los moluscos, nos habríamos inventado un razonamiento igualmente bueno sobre los beneficios de tales *"wiwaxidos"*. Así, aquellos paleontólogos artífices de la revisión del caso analizado, empezaron con la idea convencional que los ganadores conquistaron a fuerza de adaptación superior, pero avalaron las propuestas inferenciales realizadas por Gould, al llegar a la conclusión que *"no tenemos ninguna prueba que relacione el éxito con un diseño predeciblemente mejor"*. La diezmación de Burgess Shale pudo haber sido una verdadera *"lotería"*. Se concluye entonces que si pudiéramos *"rebobinar la cinta de la vida"* tras la esencial pregunta *¿Por qué razón no íbamos a tener un conjunto distinto de ganadores al volver a tocar la cinta?*, la idea de la diezmación como un fenómeno de lotería, convierte la nueva iconografía representativa de la fauna canadiense en una concepción radical sobre las rutas difíciles de la vida y la naturaleza de nuestra propia historia.

Finalmente, lo expuesto hasta aquí sobre la cosa en sí -hipótesis de la fauna canadiense- observada, descrita y analizada con rasgos de especies naturales que responden a un caso singular de distribución selectiva de la capacidad de reproducción y de acumulación sucesiva de variaciones, constituye un desafío más para introducir mejoras en la representación y comprensión del significado de evolución en el contexto de interacción donde se producen los fenómenos biológicos. Como se ha visto, ya no basta con silogismos o con analogías del tipo: la naturaleza es como un mar o una granja; y el análogo: el mar o la granja produce seres vivos conforme a fines *"seres adaptados"*, mediante selección doméstica y variaciones en acumulación. Esa palabra, cuestión o cosa llamada evolución -como la ciencia misma-, es mucho más compleja de representar y narrar, sobre todo si tomamos la decisión que en ella han de intervenir la contingencia y diezmación, como variables agregadas y relacionadas a la historia de la vida en transformación.

PALABRAS FINALES

En los capítulos precedentes pudimos recorrer la historia de las teorías evolutivas, su dinámico presente, algunos de los debates que enriquecieron nuestra comprensión sobre el mundo natural. El enfoque elegido privilegió la selección de casos, temáticas, ejemplos que pudieran ser útiles tanto al docente en formación como a aquel que busca actualizar y revisar sus saberes y estrategias para la enseñanza de estos contenidos.

La teoría de la evolución ha sido, es y seguirá siendo una empresa intelectual y científica apasionante. Constituye una fuente de hechos, modelos y construcciones teóricas que permite al docente presentar de manera atractiva la naturaleza de la ciencia, en sus trayectos formativos como en su trabajo de aula. Sus múltiples difusiones hacia otras disciplinas han generado controversias de distintos órdenes, que son un fiel reflejo de la complejidad de los estudios que encara la sociedad en cualquier campo del conocimiento. No eludimos esas discusiones, sino que las presentamos para que el lector pueda profundizar en cada caso y detenerse en aquellas que le resulten de interés o considere pedagógicamente relevantes.

Entendemos que una de las tareas del docente es su formación permanente y, en este sentido, este libro intenta ser una contribución práctica y actualizada para la misma. El lector podrá continuarla a partir de la bibliografía sugerida, o bien ampliando algunos de los temas abiertos al debate.

Bibliografía

- AYALA, F. (1987): *La naturaleza inacabada. Ensayos en torno a la evolución*. Barcelona, Salvat.
- AYALA, F.; Dobzhansky, T.; Stebbins, G.; Valentine, J. (1980): *Evolución*. Barcelona, Omega.
- ASÚA, M. de (2009): *De cara a Darwin: La teoría de la evolución y el cristianismo*. Buenos Aires, Lumen.
- BRAGA, J. y RIVAS, P. (2002) *Macroevolución. Evolución, la base de la Biología*. Barcelona, Manuel Soler.
- CACHÓN, V. y BARAHOMA, A. (2002) La transición de la teoría del equilibrio puntuado hacia una teoría de rango medio. *Asclepio*, vol LIV.
- DARWIN, Ch. (1887): *Autobiografía*. (Recuperado el 8/8/2010 de www.librodot.com)
- DARWIN, Ch. (1959): *El origen de las especies (On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life)*. Madrid, Ed. Sarpe.
- DARWIN, Ch. (1938): *Viaje de un naturalista alrededor del mundo (A naturalist's voyage round the World in H.M.S. "Beagle")*. Madrid, Grech.
- DAWKINS, R. (1993): *El gen egoísta. Las bases biológicas de nuestra conducta*. Barcelona, Salvat.
- DE RENZI, M. (2009) Evolución y registro fósil: hacia una perspectiva más amplia. *Ludus Vitalis*, vol XVII, n.32, p.231-246.
- ELDREDGE, N. (1990) *La macroevolución. Mundo Científico*, N° 16, vol.2, p. 792-803.
- FOLGUERA, G. (2010) La relación entre Microevolución y macroevolución desde la síntesis biológica: entre las diferencias y las similitudes. *Filosofía e Historia de Biología*, v.5, n.2, p. 277-294.
- FONTDEVILA, A. (2007) La especie ¿misterio indefinible o quimera real? *eVOLUCIÓN* 2(1): 11-23.
- FONTDEVILA, A. y MOYA, A. (2003) *Evolución: Origen, adaptación y divergencia de las especies*. Madrid-Síntesis.
- GOULD, S. (2004): *La estructura de la teoría de la evolución*. Tusquets, Barcelona.
- GOULD, S. (1989): *La vida maravillosa. Burgess Shale y la naturaleza de la historia*. Barcelona, Edit. Crítica.
- GOULD, S. (1994): *Ocho cerditos. Reflexiones sobre historia natural*. Barcelona, Crítica.
- GOULD, S. (1983a): *El pulgar del panda. Ensayos sobre evolución*. Barcelona, Hyspamérica.
- GOULD, S. (1983b): *Desde Darwin*. Madrid, Blume.
- GOULD, S. y LEWONTIN, R. (1983): La adaptación biológica. *Mundo Científico* nº 22, Barcelona, Fontalba. Disponible en http://www.nodo50.org/ciencia_popular/articulos/Adaptacion-Biologica.pdf
- HUXLEY, J. (1965): *La evolución. Síntesis Moderna*. Buenos Aires, Losada.
- ITURBE, U. (2010) Adaptaciones y adaptación biológica, *eVOLUCIÓN* 5(1):5-12.
- LAMARCK, J. (1809): *Filosofía zoológica*. Ed. de 1986, Barcelona, Alta Fulla.
- MARCOS, A. (1992): *Neodarwinismo, teoría de la información y termodinámica, estado de la cuestión*. Facultad de Filosofía y letras de la Universidad de Valladolid. Disponible en <http://www.fyl.uva.es/~wfilosof/webMarcos/textos/neodarw.doc>
- MAYR, E. (1992): *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*. Barcelona, Crítica.
- Moya, A. y Fontdevila, A. *Evolución: origen, adaptación y divergencia de las especies*. Ed. Síntesis. 2003.
- MOYA, A. y LATORRE, A. (2004) Las concepciones internalistas y externalistas de la evolución biológica. *Ludus Vitalis*, vol XII, num.21, p.179-196.

- RUSE, M. (1987): *Tomándose a Darwin en serio*. Barcelona, Salvat.
- SCHWOERBEL, W. (1987): *Evolución*. Barcelona, Salvat.
- SIMPSON, G. (1977): *El sentido de la evolución*. Buenos Aires, Eudeba.
- SOLER, M. (2002): *Evolución, la base de la Biología*. Granada, Proyecto Sur Ediciones.
- VASSALLO, A. (1995) Morfología, comportamiento y macroevolución. *Revista Chilena de Historia Natural*, vol. 68, p. 43-60.
- WILSON, E. (1978): Ecología, evolución y biología de poblaciones. *Selección de artículos de Scientific American*. Barcelona, Omega.

Impreso en Buenos Aires, Argentina.
en el mes de marzo 2012

SERIE CUADERNOS DE TRABAJO DOCENTES APRENDIENDO EN RED

El sector de Educación de la Oficina de Montevideo-Representación ante el MERCOSUR implementa sus acciones programáticas a nivel nacional y subregional en el marco del Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe (EPT/PRELAC 2007).

Los ministros de Educación de la Región han afirmado que la educación es un bien público y llave para la construcción de un mundo más justo, señalando siete temas centrales en sus recomendaciones (www.unesco.org/Santiago). Esta nueva serie de publicaciones, que hemos titulado Docentes Aprendiendo en Red (DAR) se nutre selectivamente de las recomendaciones referentes al “derecho de las personas a aprender a lo largo de la vida” desde “enfoques educativos para la diversidad, la inclusión y la cohesión social”. La serie pretende acercar al docente lector materiales de apoyo educativo, elaborados por algunos de sus pares docentes que han sido participantes activos de proyectos innovadores asistidos por UNESCO.

A nivel nacional, implementar estas recomendaciones potencia una de las funciones de la UNESCO que denominamos “laboratorio de ideas”. En ese sentido, la temática de acortar distancias entre las investigaciones universitarias y la formación de docentes en ciencias es uno de nuestros centros de interés programático. Entendemos que trabajar a favor de los educadores de la enseñanza demanda asistir técnicamente en el diseño de proyectores innovadores fundamentalmente en dos aspectos:

a) Requerir y fomentar equipos con profesionales diversos que sean referentes para el tema seleccionado y se encuentren dispuestos a “Aprender juntos” (Delors 1996)

b) Incluir en el diseño instancias colectivas de formación, discusión y planteo de dificultades con-

ceptuales, con el objetivo de estimular aprendizaje y capacidades de producción de materiales escritos por docentes.

Los cuadernos de trabajo “Escritura en Ciencias” en el marco de la serie DAR han sido generados por el Instituto Nacional de Formación Docente del Ministerio de Educación de la Nación Argentina a través de una convocatoria abierta a los Institutos de Formación Docente de gestión pública de todo el país.

Los cuadernos de Escritura en Ciencias se ponen a disposición de formadores y alumnos de la formación docente como materiales de apoyo educativo elaborados por pares que han sido participantes activos como integrantes de equipos de trabajo que llevan adelante de proyectos innovadores asistidos por UNESCO.

El trabajo de los coordinadores ha sido complejo e indispensable para el éxito de este tipo de proyecto. Las contrapartes por países han hecho propio este diseño y ajustado a sus realidades temáticas y de arquitectura (presencial y/o virtual). De esta manera, la temática de Paraguay es “La Escritura en Paraguay”, en Argentina “Escritura en Ciencias” y en Uruguay “Celebrando el Año Internacional de la Química”. Los coordinadores generales, así como los de Escritura han desarrollado un análisis crítico del proceso y han sabido guiar las intrincadas relaciones generadas cuando se “aprende haciendo” contribuyendo a resolver conflictos y logrando el mejor documento posible. En ese sentido, vaya a todos ellos nuestro agradecimiento.

María Paz Echeverriarza
Profesional del Programa Educación
UNESCO Montevideo

ISBN 978-950-00-0927-0



9 789500 009270

