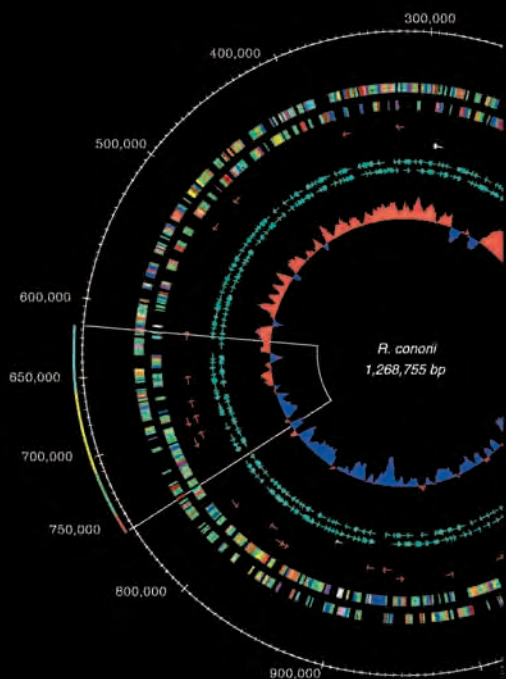
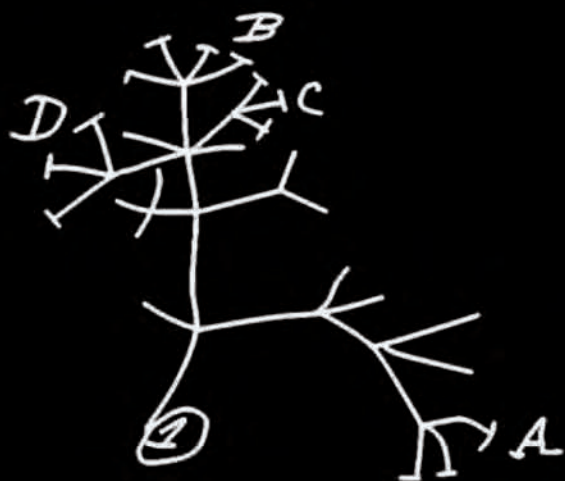


I think



La evolución,

Fernando González Candelas

de Darwin al genoma

La evolución, de Darwin al genoma

Fernando González Candelas

PUV PUBLICATIONS
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

**CAM**
Caja de Ahorros
del Mediterráneo
OBRAS SOCIALES

**CÀTEDRA DE
DIVULGACIÓ
DE LA CIÈNCIA**
Valenciània Cultural • FERRAN CASALS Cabrerla i Rovells

Director de la colección:
Fernando Sapiña

Coordinación:
Soledad Rubio

*Esta publicación no puede ser reproducida, ni total ni parcialmente,
ni registrada en, o transmitida por, un sistema de recuperación de información,
en ninguna forma ni por ningún medio, ya sea fotomecánico, fotoquímico,
electrónico, por fotocopia o por cualquier otro, sin el permiso previo de la editorial.*

© Del texto: Fernando González Candelas, 2009

© De la presente edición:

Càtedra de Divulgació de la Ciència, 2009

www.valencia.edu/cdciencia

cdciencia@uv.es

Publicacions de la Universitat de València, 2009

www.uv.es/publicacions

publicacions@uv.es

Producción editorial: Maite Simón

Diseño del interior y maquetación: Inmaculada Mesa

Corrección: Communico, C. B.

Cubierta:

Diseño original: Enric Solbes

Grafismo: Celso Hernández de la Figuera

ISBN: 978-84-370-7546-4

Depósito legal: V-4472-2009

Impresión: Guada Impresores, S. L.

*A Carmina, por iniciar juntos un nuevo linaje.
A Mar y Ferran por empezar a perpetuarlo.*

ÍNDICE

Capítulo 1.	INTRODUCCIÓN	11
Capítulo 2.	LOS PRECURSORES DE DARWIN	17
Capítulo 3.	DARWIN, EL VIAJE DEL <i>BEAGLE</i> Y LA GESTACIÓN DE <i>EL ORIGEN DE LAS ESPECIES</i>	27
Capítulo 4.	LA SELECCIÓN NATURAL	33
Capítulo 5.	PRUEBAS Y CRÍTICAS A LA EVOLUCIÓN	39
Capítulo 6.	EVOLUCIÓN Y HERENCIA	65
Capítulo 7.	EL ÁRBOL DE LA VIDA	87
Capítulo 8.	DE LA CÉLULA AL ORGANISMO, DEL GEN AL CARÁCTER	109
Capítulo 9.	EL GENOMA, SUSTRATO Y REGISTRO DE LA EVOLUCIÓN	139
Capítulo 10.	LA APARICIÓN Y EXTINCIÓN DE ESPECIES	165
Capítulo 11.	SEXO Y EVOLUCIÓN	185
Capítulo 12.	¿SIGUE EVOLUCIONANDO LA ESPECIE HUMANA? .	205
Capítulo 13.	ENVEJECIMIENTO Y EVOLUCIÓN.....	219

Capítulo 14. LA EVOLUCIÓN EN EL ESTRADO	231
Capítulo 15. ¿HACIA UNA NUEVA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN? .	243
BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA	253
GLOSARIO	257
PROCEDENCIA DE LAS FIGURAS	271
ÍNDICE ANALÍTICO	275

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas a las que debo más de un «¡gracias!» tras concluir la escritura de este libro. Estoy seguro de que, cuando lo oigan de mis labios, muchas no sabrán a cuenta de qué les muestro ese agradecimiento, pero creo que es de justicia reconocer a aquellos que, directa o indirectamente, me han permitido reflexionar sobre el tema que se expone en las siguientes páginas. Aun a riesgo de olvidarme de alguien, las siguientes personas ocupan un lugar destacado entre quienes me han ayudado.

Fernando Sapiña y Soledad Rubio me plantearon el desafío de escribir un libro de divulgación de la teoría evolutiva, a pesar de la existencia de excelentes textos que cubren este objetivo. Espero haber cumplido su encargo de hacer algo *diferente*.

En todo escrito, por atención y cuidado que se ponga, quedan errores, algunos graves, otros apenas perceptibles. Juli Peretó, Ester Desfilis, Iñaki Comas y, especialmente, Mar González han ayudado con sus correcciones y sugerencias a minimizar los que yo había introducido inicialmente. Los que aún puedan aparecer son, naturalmente, achacables sólo a mí. Además, los cuatro anteriores y Fernando Sapiña me hicieron numerosas observaciones, y me forzaron a ser más claro en la expresión de mis ideas y a utilizar de forma más clara el lenguaje, muchas veces críptico, con el que solemos dialogar los científicos. Aun así, en ocasiones me he aferrado a utilizar términos y expresiones que compensan con su claridad conceptual su falta de inteligibilidad para los no entrenados. El glosario de términos incluido al final del libro proporciona una explicación, espero que más comprensible, de estos conceptos y términos.

Tras veinte años de dedicación a la enseñanza de la evolución, son muchas las promociones de estudiantes a las que debo un estímulo casi continuo para hacerme entender. Sin destacar a nadie

en particular, todos ellos me han ayudado a aclarar mis ideas y a exponerlas de manera comprensible. Con todo, son mis estudiantes de doctorado (Iñaki Comas, Mireia Coscollá, Vicente Sentandreu, Alicia Amadoz, Carmen Palacios, Manuela Torres, Marisa Palop y Adoración Hernández) los que con más intensidad me han retado en la tarea de transmitir mis conocimientos. A la par, también ellos me han aportado y facilitado el acceso a nuevas ideas y desafíos con los que, además de aprender, hemos disfrutado en el proceso.

Hace mucho tiempo que la Ciencia abandonó las torres de cristal, no sólo respecto a la sociedad en general, sino también en el círculo más estrecho en el que desarrollan su tarea los que la practican. En mi caso, el círculo es fácilmente identificable: el grupo de Genética Evolutiva, primero en el Departamento de Genética y luego en el Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la Universitat de València. Entre sus miembros, tanto los permanentes como los que han permanecido entre nosotros períodos más o menos prolongados, se encuentran la mayoría de pares con los que el diálogo y la discusión, la confrontación de ideas y la búsqueda de soluciones a problemas de todo tipo, hacen de la práctica de la ciencia una tarea cotidiana inigualable como fuente de satisfacción. Desde la *vieja guardia*, como Andrés Moya, Amparo Latorre, Francisco Silva, Juli Peretó, hasta los más jóvenes, Rafael Sanjuán, José Manuel Cuevas, Xavier López-Labrador, María Alma Bracho, entre otros muchos becarios, postdoctorales y visitantes, a todos les agradezco su paciencia y estímulo.

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

El año 2009 marca dos aniversarios importantes para la teoría de la evolución: se cumplen doscientos años del nacimiento de Charles Darwin, el principal científico responsable de su formulación y difusión, y ciento cincuenta años desde que Darwin publicó el libro en el que plasmaba esta teoría: *El origen de las especies*. Tenemos una querencia especial por las cifras más o menos redondas, y este doble aniversario nos brinda una oportunidad para conmemorar ambos acontecimientos con la publicación de un texto en el que se divulgan los principales postulados de esta teoría, actualizados con los avances de la ciencia desde su primera publicación, y mostrar la relevancia de la teoría evolutiva no sólo para la biología, sino para muchas actividades humanas en campos tan diversos como la medicina, la agricultura, la conservación de la biodiversidad, la filosofía e, incluso, el derecho, por mencionar algunos. La difusión de las teorías planteadas por Darwin, y desarrolladas por numerosos científicos desde entonces, cumple otro importante papel: mostrar a la sociedad la importancia del desarrollo científico en general, y de la biología en particular, en numerosos ámbitos que no parecen estar relacionados entre sí. Éstos no suelen ser considerados cuando sectores amplios de nuestra sociedad, y de otras, se oponen a la enseñanza y difusión de la teoría evolucionista porque colisiona con creencias religiosas, por mucho que los puntos de fricción se disfracen de controversias científicas.

En Europa, todavía no hemos llegado a tratar estos conflictos en sedes judiciales, como ha sucedido en Estados Unidos en varias ocasiones, pero los avances de grupos antievolucionistas en este sen-

tido han sido tan llamativos que han provocado que el Parlamento Europeo realice una declaración de apoyo a la enseñanza de la teoría de la evolución. Con ella, ha condenado las pretensiones de algunos gobiernos, como el derrotado en las elecciones de 2006 en Polonia, de introducir la enseñanza de teorías *alternativas* a la evolución, como la del diseño inteligente y otras versiones del creacionismo. La jerarquía de la Iglesia católica tiene un papel de calculada ambigüedad, con declaraciones y manifestaciones contrarias a las afirmaciones previas del papa Juan Pablo II, en las que aceptaba la teoría de la evolución, si bien dejaba un papel para el Divino Creador en la inspiración de la naturaleza humana. Otras religiones de amplia implantación en nuestro continente también dan signos de apoyo a posiciones antievolucionistas, como la Iglesia ortodoxa o muchos imanes islámicos.

¿Qué hay tan perverso en la teoría evolutiva para que confesiones tan dispares coincidan en mostrar su rechazo, más o menos frontal, a ésta? Si prestamos atención a sus oponentes, que no ocultan sus convicciones religiosas y que las emplean en su ataque al evolucionismo, el motivo es la asimilación entre evolucionismo y materialismo. Esta correspondencia tiene su base en la desacralización del fenómeno vital, que pasa a ser el resultado de procesos naturales, del mismo rango que las leyes de la física o de la astronomía, y en la falta de consideración de la especie humana como una especie *especial* entre las de otros animales, pues sus características diferenciadoras, especialmente todas las relacionadas con la aparición y el desarrollo de su inteligencia, son el resultado de un proceso que se inicia con otros primates y no tiene un origen súbito y de naturaleza sobrenatural.

Al proponer la teoría de la evolución por selección natural, Darwin cierra la revolución copernicana iniciada con la demostración de la teoría heliocéntrica, que, desarrollada a lo largo de los siglos siguientes, acabó desmontando la necesidad de una intervención divina para explicar la estructura y el funcionamiento del universo que conocemos, desde la disposición y movimiento de las estrellas y planetas hasta las peculiaridades de la especie humana o las propieda-

des de los seres vivos que no encontramos en la materia inerte. Pero si esta deidad, sea cual sea su nombre o la forma con la que se la invoque, no tiene un papel a la hora de determinar el funcionamiento del universo, ¿por qué debe hacerlo respecto a las normas y leyes morales y éticas que rigen el comportamiento de los seres humanos?

Este argumento es completamente falaz, pues la religión no aplica, ni tiene intención de hacerlo, los preceptos de la ciencia. Ésta tampoco postula ni favorece una interpretación de las reglas morales ni hace prescripciones sobre cómo debemos comportarnos respecto a nuestro prójimo o sobre el tipo de relación que podemos adoptar libremente con aquellos seres a los que buena parte de la humanidad sí otorga poderes especiales. La ciencia, en algún caso —y hay unos cuantos ensayos interesantes al respecto—,¹ y la filosofía se ocupan, entre otras actividades, de plantear explicaciones contrastables sobre por qué aparece y triunfa, en diferentes sociedades humanas, lo que llamamos *sentimiento religioso*, la necesidad de creer en seres, materiales o inmateriales, dotados de capacidades que les permiten ser calificados de omnipresentes, omniscientes o todopoderosos.

¿Qué es lo que explica y cómo lo hace la teoría evolutiva? En esencia, la teoría de la evolución explica dos cosas: cómo han aparecido las diferentes especies que han habitado la Tierra desde el inicio de la vida sobre la misma, hace unos cuatro mil millones de años, y por qué observamos, en todos los seres vivos que estudiamos, características de su anatomía, de su fisiología y de su comportamiento que les permiten aprovechar de manera óptima los recursos disponibles a su alrededor. Es lo que llamamos *adaptación*. La genialidad de Darwin consistió en formular un mecanismo explicativo común a ambos fenómenos, la diversidad de la vida y la adaptación de los seres vivos. Este mecanismo es la *selección natural* y su formulación es engañosamente

1. Pueden consultarse D. Dennett: *Breaking the Spell: Religion as a Natural Phenomenon*, Penguin Group, 2006, o F. J. Ayala: *Darwin's Gift to Science and Religion*, Joseph Henry Press, 2007, traducido por Alianza Editorial como *Darwin y el diseño inteligente. Creacionismo, cristianismo y evolución*.

simple, pues se puede resumir en un sencillo razonamiento basado en dos premisas. En primer lugar, todos los seres vivos tienen una gran capacidad para reproducirse y pueden dejar en cada generación muchísimos más descendientes de los que puede soportar el medio en el que habitan. Por otra parte, los individuos de una especie, aunque son muy semejantes unos a otros, se diferencian por una serie de características. Muchas de estas características se transmiten de padres a hijos, de una generación a otra: son hereditarias.

A partir de estas premisas, el razonamiento de Darwin fue el siguiente: dado que el número de descendientes producidos en una generación excede con mucho a los que puede soportar el medio, es inevitable que parte de ellos muera. Si el hecho de que un individuo sobreviva o no en esta lucha por la existencia tiene alguna relación con esas características que diferencian a unos de otros, entonces los supervivientes compartirán con mayor frecuencia esas características ventajosas. Como este proceso se repite generación tras generación, la proporción de individuos de la población que comparten esa característica aumentará gradualmente hasta que llegue un momento en el que todos los individuos de la población la tendrán y, en ese punto, ya no marcará la diferencia entre los que sobreviven y los que no. Este cambio gradual en las características de las poblaciones, acumulado a lo largo de generaciones, es lo que permite la aparición de nuevas especies y, simultáneamente, explica por qué las características que observamos en estos individuos parecen diseñadas a propósito para permitir su supervivencia y reproducción, es decir, son adaptativas. Este proceso de supervivencia y reproducción diferenciales en condiciones de crecimiento poblacional limitado, que depende de unas características hereditarias que diferencian a unos individuos de otros en la población, es lo que conocemos como *selección natural*.

Así formulado, el razonamiento es extremadamente sencillo, y el principio de la selección natural es una consecuencia lógica, casi inevitable, de éste. Sin embargo, como veremos a continuación, las cosas no son tan simples, y cada uno de los componentes del razonamiento, incluso las premisas de base, ha sido sometido a un

escrutinio detallado desde hace siglo y medio: la teoría ha respondido satisfactoriamente a todos los desafíos a los que ha sido sometida. Esto no significa que pueda explicar todos los fenómenos y observaciones que se han acumulado hasta la fecha, pero proporciona el marco interpretativo y metodológico necesario para ello. Por esta razón es una teoría científica y no una creencia o una revelación.

La evolución, de Darwin al genoma

Hace 150 años, Charles Darwin inició una revolución científica, social e intelectual al publicar *El origen de las especies*. Nunca una teoría científica ha ejercido una influencia tan profunda en ámbitos tan diferentes de la actividad humana como la teoría de la evolución. Pero, lejos de ser una teoría conocida, estudiada y apreciada, aún genera en muchos países una abierta oposición. ¿Qué hace tan peligrosa la teoría evolutiva? ¿Tiene aún vigencia la propuesta de Darwin? ¿Cómo encajan los últimos descubrimientos de la biología en la teoría evolutiva? ¿Necesitamos una nueva teoría para explicar la biodiversidad y sus adaptaciones? Estas cuestiones, y otras semejantes, son las que se plantean en este libro, que pretende poner al alcance de todos los postulados de la teoría de la evolución y las incógnitas que ésta aún no ha podido resolver.