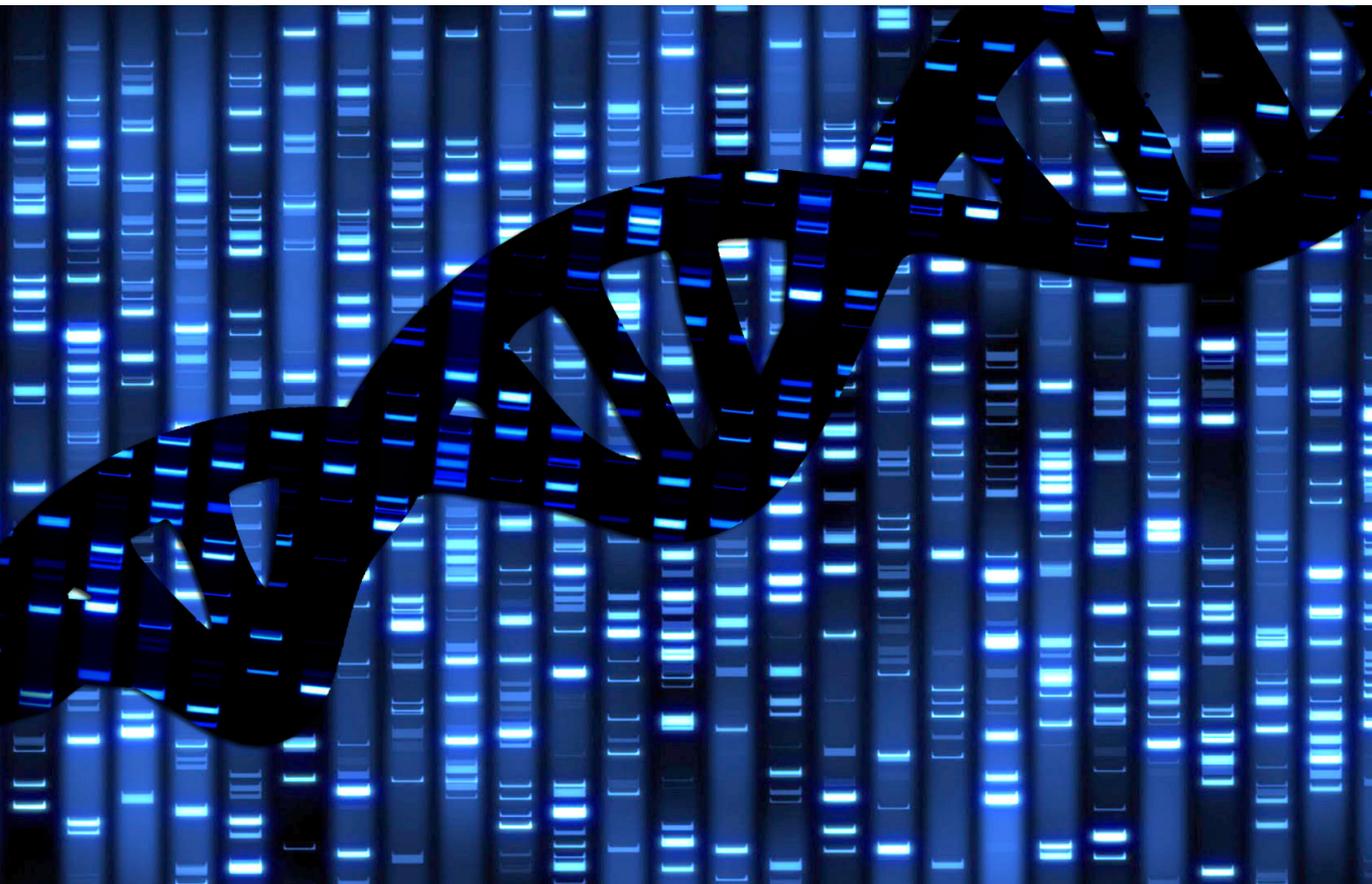


eVOLUCIÓN

Boletín de la Sociedad Española de Biología Evolutiva

Vól. 14(1) Enero 2020



SESBE^e
Sociedad
Española de
Biología
Evolutiva

Sumario

Carta del Presidente de la SESBE	3
<i>Toni Gabaldón</i>	
Darwin y El Origen de las Especies: reflexiones personales	5
<i>Emilio Valadé del Río</i>	
Recordemos el otro conflicto nuclear	15
<i>Miguel Ángel Naranjo-Ortiz</i>	
El valor de la filosofía para la biología evolutiva	25
<i>Juan Gefaell Borrás</i>	
La evolución de la “belleza” según Richard Prum: tergiversando la selección sexual darwiniana	36
<i>Juan Moreno Klemming</i>	
Interview with Martin Embley on the occasion on the EMBO workshop on Comparative Genomics of Microbial Eukaryotes.....	44
<i>Toni Gabaldón</i>	
EVOKE una red para la educación y la divulgación de las ideas evolutivas.....	51
<i>Xana Sá-Pinto y Emilio Rolán-Alvarez</i>	
Libros de la SESBE	55
Cómo hacerse miembro de la SESBE.....	59
Noticias y anuncios.....	60

Carta del Presidente de la SESBE

Toni Gabaldón

Este ejemplar de eVOLUCIÓN representa una transición de formato y contenidos respecto a los anteriores números. Esta “evolución” es un resultado más del esfuerzo de la SESBE por actualizar nuestra imagen y hacer llegar la Evolución a más personas. Con un formato más fresco y adaptado a los nuevos tiempos, pretendemos que eVOLUCIÓN sea un foro donde divulgar la investigación sobre Evolución y donde debatir sobre aspectos importantes como la enseñanza de la evolución, o la relevancia del pensamiento evolutivo en ámbitos más allá del mundo académico y la investigación. Desde aquí os



Toni Gabaldón

animo a contribuir con artículos de divulgación sobre vuestro propio trabajo, o el de otros grupos, escribiendo una reseña de algún libro de interés, entrevistando a alguna personalidad, o contribuyendo a algún debate. Con este boletín pretendemos llegar más allá de nuestro actual círculo de socios, abriéndonos a cualquier persona con interés en la evolución. Desde aquí quiero agradecer a todo el equipo editorial la gran labor realizada para hacer llegar este primer número a tiempo para nuestro congreso bianual en Sevilla. Además de la revista hemos lanzado una cuenta de Twitter que puedes seguir en

@sesbe_org y que ya cuenta con más de 200 seguidores.

El ciclo vital de nuestra sociedad se puede medir a ritmo de nuestro congreso principal, que celebramos cada dos años. En 2020, el congreso de la SESBE nos lleva a Sevilla. A la hora de escribir estas líneas se ha cerrado con gran éxito el plazo de inscripción. Estoy convencido de que disfrutaremos de un excelente conjunto de ponencias y de interesantes discusiones científicas en esta bella ciudad a orillas del Guadalquivir. En nombre de la SESBE quiero ya agradecer a Juan Arroyo y todo el comité de organización del congreso su enorme esfuerzo. Además de la iniciativa de la revista, y de la organización de nuestro congreso bianual, desde la Junta Directiva de la SESBE hemos estado trabajando en otras iniciativas. Una de las decisiones principales de este periodo ha sido dejar de editar libros dentro de la colección SESBE. Pese al gran valor de las aportaciones publicadas, esta actividad bloqueaba buena parte de los fondos de la sociedad y limitaba nuestra capacidad de organizar otras actividades. Entendemos que el terreno editorial ha cambiado mucho en este tiempo y que los autores disponen de nuevas vías para publicar sus trabajos sobre evolución, bien a través de editoriales privadas o asociadas a las diferentes universidades, o por nuevas fórmulas de autopublicación. Los libros ya

publicados de la serie SESBE se pueden seguir adquiriendo por los socios a través de nuestra página web. Entre las nuevas iniciativas que hemos lanzado, me gustaría destacar un esfuerzo importante para apoyar la participación de jóvenes investigadores en nuestro congreso anual, con 30 becas que cubren los gastos de inscripción. Además en breve anunciaremos un premio dirigido a tesis doctorales sobre evolución, y apoyos puntuales a otros congresos y actividades conducentes a divulgar la Evolución. Una de las prioridades de la actual Junta Directiva es ampliar la base de socios de la SESBE. Somos todavía una sociedad pequeña y nos faltan manos, cabezas, y fondos para poder llevar a cabo una labor que creemos importante: la promoción del pensamiento evolutivo, así como de la investigación y la educación en evolución. Sabemos que somos una sociedad transversal con muchos socios que ya están en otras sociedades, con las que no queremos competir, pero si sumar. Pensamos que más allá del mundo académico, nuestra sociedad debe estar más abierta a personas del ámbito de la educación, del periodismo, o de la gestión, así como a otras personas que simplemente tengan pasión por el pensamiento evolutivo. Desde estas líneas me gustaría animarte a asociarte, si no lo estás ya, a implicarte en las diferentes actividades e iniciativas de la SESBE y, cómo no, a aportar ideas sobre nuevas iniciativas. **SB**

Darwin y *El Origen de las Especies*: reflexiones personales

Emilio Valadé del Río, profesor de genética de la Universidad de Santiago

Hablar de *El Origen de la Especies*, de Darwin, es un tema que siempre me ha producido un profundo respeto. Son muchos y muy diversos los que me han precedido en esta labor y siempre de modo acertado. Es lógico querer ser original en esto de aportar nuevos datos a los muchos que se han ido acumulando sobre la obra y el autor. Creo que *El Origen de las Especies* es el producto intelectual de un ambiente científico, filosófico y cultural presente en la Europa del siglo XIX. En esa época, se ponían los cimientos sólidos de la biología moderna, tal como la conocemos hoy. En esa biología, la evolución era conocida, asumida por muchos y cuestionada por otros. Se discutían sus procesos, aunque de modo general se cuestionaba la acción moduladora del ambiente. La-

marck y Buffon, por citar dos sabios, habían admitido la existencia de procesos evolutivos en los grupos taxonómicos, si bien algunas actuaciones quedaban difusas según sus teorías. La pregunta clave se refería al origen de las especies, no a sus transformaciones.

Es este punto conceptual en el que aparece *El Origen de las Especies*, proponiendo una fuerza hasta entonces desconocida, como mecanismo formador de especies nuevas: la Selección Natural. No sólo fue el concepto de Selección Natural el que Darwin introdujo en el fondo de conocimientos científicos, muchos otros tomaron carta de naturaleza gracias a su obra, como el de adaptación o adaptado. Pero analicemos cómo era el paisaje intelectual del momento.

“La filosofía platónica frenó todo tipo de avances científicos que requirieron el estudio de variabilidad”

Durante siglos, el pensamiento filosófico estuvo basado en las clases de cosas y sus esencias tal como había enunciado Platón. Con su tendencia a la geometría, el sabio decía que un triángulo siempre será un polígono cerrado con tres lados y otros tantos ángulos. Los distintos tipos de triángulos no serían más que variaciones individuales a esa esencia compartida por todos ellos. La variación era ocasional, no se heredaba. Lo que se transmitía a lo largo de las generaciones entre los vivos, era la capacidad de copiar, de modo individual, la propia esencia, que sí era inmutable. Por tanto, la variabilidad característica del individuo no era hereditaria y las diferencias que se pudiesen encontrar entre los miembros de una generación, serían similares a las que podrían existir entre miembros de generaciones sucesivas, nunca hereditarias.

Estas ideas fueron fecundas en otras ciencias experimentales, como física o química, donde una vez encontrado una ley o dilucidado un proceso, es posible constatar su cumplimiento universal, pero en biología, la filosofía platónica fue un verdadero freno a todo tipo de avances científicos que requirieron el estudio de variabilidad.

A final del siglo XVII y principios del siguiente, Leibniz vio cierta singularidad en el mundo de los seres vivos, un mundo que convenía describir desde un punto de vista cualitativo. Es el pensamiento de Leibniz el que abre las vías para la biología moderna y sus ideas acerca de la individualidad de los seres vivos. Pero los conceptos platónicos impregnaban el pensamiento oficial desde la redacción de Constituciones (“Todos los hombres son iguales”), hasta muchas de las ciencias descriptivas y tratados científicos.

Por el contrario, en Geología hubo progresos muy importantes. La idea de un Planeta cambiante se fue imponiendo gracias a los múltiples datos aportados por la estratigrafía y los viajes realizados por tierras lejanas. Además de aportar conocimientos sobre faunas y floras peculiares y específicas de otros territorios, los datos recogidos permitieron configurar una nueva idea acerca del Planeta. Lejos quedaron las ideas propugnadas por Aristóteles, para quien la Tierra no había tenido principio, no tendría final y permanecería sin cambios a lo largo del tiempo. Algo similar proponían las religiones monoteístas, según las cuales nuestro mundo había tenido principio, registrado en la Biblia, y tendría fin

en momento indeterminado y sin cambios. Pero los grandes viajes del siglo XVI y las expediciones científicas de los siglos XVIII y XIX, trajeron a Europa noticias de otras tierras, hablaron de gran cantidad de seres hasta entonces ignorados en estas latitudes, y dieron la oportunidad de describir nuevos climas. Pronto apareció la idea de que a cada tipo de condición climática corresponden tipos específicos de floras y faunas. Nació una nueva ciencia, la Biogeografía, que relacionaba a los seres vivos con sus respectivas áreas de distribución. La idea de un Planeta Tierra homogéneo se fue deteriorando debido, además, al desarrollo espectacular alcanzado por la estratigrafía lo cual llevó directamente al estudio de la geodinámica. Pronto surgieron las hipótesis acerca del origen de los cambios en la corteza terrestre, y mientras unos propusieron la teoría de grandes cataclismos, otros fueron de la idea de que, medido el tiempo en unidades geológicas, sobre la Tierra siempre actuaron los mismos agentes que actúan hoy: erosión, transporte y sedimentación. Las aún llamadas causas actuales.

Si miramos a la Biología, vemos que en el siglo XIX hay una gran cantidad de conocimientos, pero que forman un todo confuso, como sin nexos de cohesión entre ellos. En 1809, J. B. Lamarck había publicado *Philosophie zoologique*, donde proponía una teoría evolutiva mediante caracteres adquiridos por el uso. Por vez primera esta-



Retrato de Charles Darwin / Wikipedia

blece una interacción de los individuos con sus respectivos ambientes, a los que deben adecuarse. Tales adecuaciones pueden generar necesidades nuevas, a causa de las cuales se producirán cambios en los individuos. Estos cambios serán hereditarios y de ese modo se irá produciendo la evolución. El libro levantó polémica, pero el mundo científico se encontró frente al concepto nuevo de evolución. Mucho se escribió para refutarla, pero entre diversos datos se fue formando una teoría legítima, real, la de un mundo dinámico en evolución. Por muy heterodoxa que pareciese esta teoría, siempre aparecían nuevos datos para apoyarla. También había una gran cantidad de autores que se refería de modo beligerante a la idea de un cambio evolutivo. Apare-

cieron datos contradictorios, que fueron aprovechados por los defensores de ambas hipótesis, como el caso de Cuvier quien, al descubrir que la singularidad taxonómica de los mamíferos fósiles de la cuenca del Sena aumentaba en proporción a la edad geológica, aportaba pruebas a favor de la evolución, pero no a los ojos de los creacionistas. Por otra parte, datos relativos a la variación geográfica, refutaban la idea de la invariabilidad de las especies (luego sería un dato importante en los razonamientos de Darwin). El hecho de que ciertos animales, como el braquiópodo *Lingula* y otros moluscos sobreviviesen a diferentes períodos geológicos desde el Silúrico, desechaba la idea de las grandes catástrofes universales. La constatación de órganos abortivos o imperfectos negaba la hipótesis creacionista de los diseños perfectos, como señalaban algunos. Los descubrimientos de homologías en esqueletos de vertebrados, realizados mucho antes de la publicación de *El Origen de las Especies* y muchos otros datos ocurridos en este período, iban camino de fortalecer una teoría de la evolución. La única manera de aceptar la presencia de órganos rudimentarios en los seres vivos era la existencia de procesos evolutivos en ellos. Pensar en un creador que los hiciese imperfectos, sería creer en un creador caprichoso.

Muchos científicos llegaron a abrazar ideas evolutivas, otros las rechazaron y estos

últimos no eran precisamente ignorantes. Las pruebas favorables a ideas evolutivas, aportadas tanto por la biogeografía como la sistemática, la estratigrafía o la anatomía comparada, no fueron capaces de reducir las barreras conceptuales presentadas por eminentes pensadores, que actuaban de buena fe, sin prejuicios de ningún tipo. Tal vez intentaron conciliar estos datos con la idea de un mundo estable, recientemente creado, o de un mundo cíclico en cambio constante, o de una sucesión de catástrofes. Todo hace pensar que los adversarios de la idea evolucionista encontraron más sencillo adecuar los hechos nuevos a sus respectivos marcos conceptuales, que no adaptarlos a nuevos conceptos ajenos a ellos. Para imponer las nuevas ideas hacía falta algo más que un cataclismo. Este suceso fue la publicación, el 24 de noviembre de 1859, de *El Origen de la Especies*, por Charles Darwin.

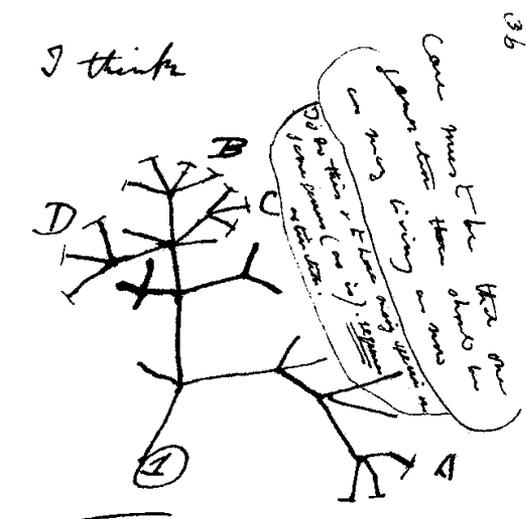
“Darwin elige cuidadosamente sus ejemplos, llevando a los lectores a situaciones sobradamente conocidas por ellos”

Cuando Darwin publica su libro, se desconocen las leyes de la herencia y, en general, se cree que la variabilidad no es hereditaria. Nos encontramos con un hecho

importante que se ha venido dando en la historia de la ciencia, y aún permanece presente en muchos de sus campos. Es el divorcio total entre los hombres de ciencia y los trabajadores en general. Había hechos que estaban ante los ojos de todos y nadie supo, o quiso, ver, pues el conocimiento popular no tenía acceso a la consideración de co-

nocimiento científico. Durante milenios, perros, caballos, ovejas, cereales o vegetales fueron seleccionados por su utilidad para los humanos. También seres útiles para el recreo o por su belleza, fueron seleccionados incluso de modo inconsciente, sin percatarse de que los caracteres responsables de esa variabilidad, podrían ser hereditarios.

Es asombroso el modo en que Darwin, en el primer capítulo de *El Origen de las especies*, repasa morfologías y costumbres de seres domésticos, conocidos por los lectores, y va de unos a otros, casi sin conceder importancia a la secuencia con que los presenta: perros, caballos, ovejas, palomas, todos ellos son descritos con sus variaciones adaptadas a sus utilidades domésticas. Hoy, al releer este capítulo, pienso que el autor elige cuidadosamente sus ejemplos, llevando a los lectores a situaciones sobradamente conocidas por ellos. Pues, aunque negasen la herencia de la variabilidad en temas científicos, todos reconocían que, en la práctica, habían cruzado palomas u otro tipo de animales o plantas con la finalidad de mejorar algún carácter, y esa mejora había aparecido en la descendencia. Estamos en los momentos en los que, por vez primera, los datos obtenidos por criadores o cultivadores, pasarán a los laboratorios para ser tratados y analizados con rigor y formar parte del conocimiento científico. Me gustan mucho estos razonamientos de Darwin, haciendo que los lec-



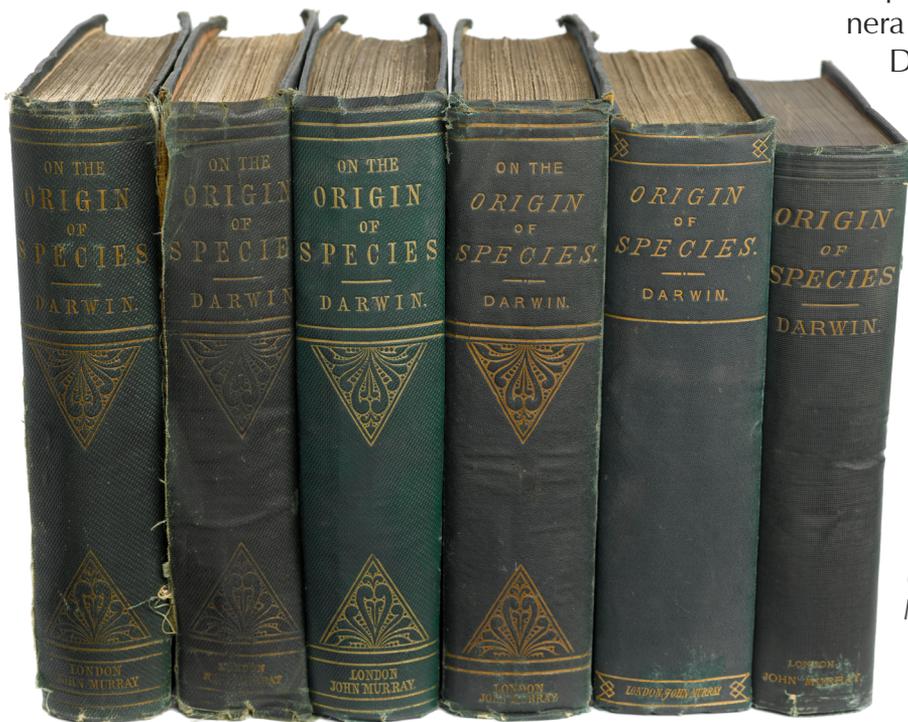
There between A & B. various
sort of relation. C + B. The
first predation, B & D
rather greater distinction
than former would be
formed. - binary relation

Árbol de la vida dibujado por Darwin / Wikipedia

tores se enfrenten a hechos que conocen perfectamente, a experimentos que han realizado, aunque nunca los juzgaran de ese modo, tal vez pensando que por ser actuaciones propias del ocio, carecían de base científica como soporte. Ahora les obliga a admitir que, en la práctica, han actuado utilizando los caracteres variables como si fuesen hereditarios y los resultados les han confirmado tal suposición. No es un hecho intrascendente para la biología como ciencia. Lo dicho por Platón hacía más de dos mil años, se manifiesta erróneo ante muchos hombres de ciencia gracias a sus propios trabajos. En granjas, huertos y palomares, de modo casi inadvertido, se confirma que la variabilidad es hereditaria,

aunque se desconocen sus modos y sus leyes, si es que las hay. Darwin lleva a sus lectores a admitir estos hechos, nuevos para todos, a partir de sus propios trabajos de distracción y de los que es factible derivar conclusiones, siempre coincidentes: la variabilidad es hereditaria. No se refiere a ejemplos lejanos procedentes de países exóticos, pues quería incidir en el tema clave utilizando ejemplos cotidianos a los que los lectores estaban familiarizados. Más tarde, en futuras ediciones, cuando conteste objeciones presentadas por científicos habitantes de otros países, les contestará utilizando ejemplos propios de los países propios de los objetores a su teoría, ahora quiere tratar temas más caseros.

Siempre he admirado esta manera sutil, humilde, de tratar Darwin a su lector. Sin aportar de momento conceptos nuevos, a partir de hechos cotidianos conocidos e incluso practicados, lleva al lector a admitir lo que hasta entonces se negaba desde las aulas científicas. La variabilidad es hereditaria,



6 ediciones de *El Origen de las Especies* / Wikipedia

es posible seleccionar caracteres variables que, por tanto, deben tener naturaleza y base material. El paso de estos caracteres a lo largo de las genealogías debe estar regulado por mecanismos desconocidos, que se llegarán a conocer.

En el Capítulo II, Darwin habla de la aparición de variabilidad en especies criadas en cautividad, pero también, y de modo muy extenso, describe variabilidad en espacios naturales. Entra en la biogeografía, esa ciencia que está naciendo y que relaciona las especies con los lugares que habitan y sus variaciones, tal vez acordes a las condiciones climáticas de esos lugares. Si en el capítulo primero nos da una muestra de su amplia finura analítica, es en este donde nos muestra la amplitud de sus conocimientos, no por ello menos profundos. Aún hoy causa asombro su amplio saber, la cantidad de datos aportados procedentes de todas partes del Planeta, tanto del mundo animal como del vegetal, cuando el medio para almacenar datos no eran más que la libreta y el lápiz. Como biólogo, habla de seres vivos en general, y para eso utiliza los ejemplos más adecuados en cada caso, sin importarle su situación taxonómica. Está hablando de procesos en seres vivos. Pero, a pesar de la cantidad de datos que maneja, de la claridad conceptual con que expone sus pensamientos, es muy de tener en cuenta la humildad con la que expone sus ideas. En ningún momento ataca a nadie ni

a maneras diferentes de pensar o enjuiciar el entorno. En todo caso, en ocasiones puede forzar a admitir lo erróneo de una idea, pero sin menospreciar a quienes la defienden. A veces, analizando una opinión errada, le aplica sus argumentos hasta hacerla parecer absurda, pero será el lector quien, de modo personal, siga adherido a ella o adopte el criterio propuesto por Darwin. Es admirable el respeto que muestra hacia sus lectores, compartan o no compartan con él sus opiniones científicas.

“Es admirable el respeto que muestra Darwin hacia sus lectores, compartan o no con él sus opiniones”

La clave de la teoría propuesta por Darwin, la Selección Natural como factor evolutivo, aparece desarrollada en el capítulo cuarto, pero el autor no dejará de hablar de ella hasta el final de la obra. La Selección Natural y la supervivencia de los más adecuados. No son pocos quienes, guiados por intereses tal vez ocultos, han modificado y siguen modificando este enunciado por el de “supervivencia de los más fuertes”. Porque “adecuados” (hoy decimos “adaptados”) tiene un significado relativo a algo, a un hábitat diría Darwin, mientras que “fuerte” posee un significado absoluto, competitivo. Los amantes de este

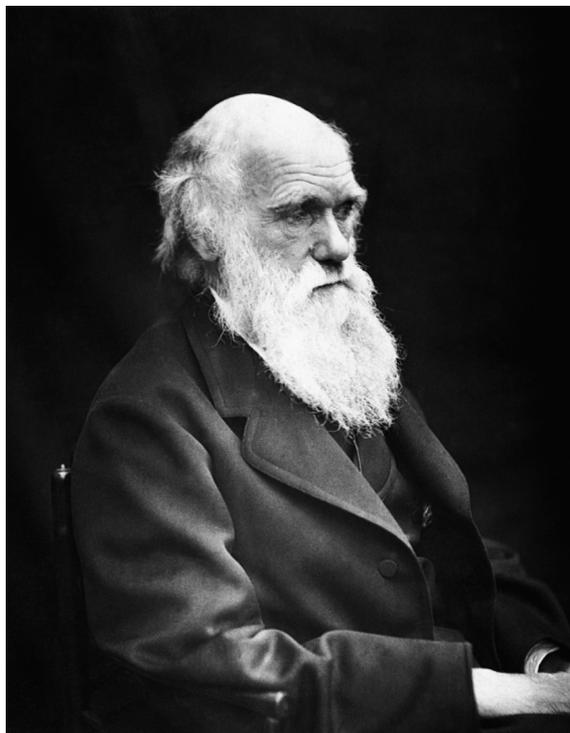


Foto de Charles Darwin / Wikipedia

tipo de modificación conceptual, siempre recurren a Darwin para justificar sus actuaciones.

Para que actúe la selección es preciso que los caracteres seleccionados lo sean gracias a factores hereditarios. Darwin reconoce la dificultad de explicar muchos procesos sin conocer las leyes de la herencia. Ya en el Capítulo I dice que “Toda variación que no es hereditaria carece de importancia para nosotros”. Aún consciente de esta carencia, construye su

teoría científica a la espera de que futuros descubrimientos la configuren de manera más sólida, como así ocurrió pasado el tiempo.

Muchas veces comparo la estructuración de los capítulos de *El Origen de las Especies*, como una clase en la que el profesor, en este caso el mismo Darwin, induce en sus alumnos, los lectores, a alcanzar la comprensión de unos hechos que estaban próximos, pero que permanecían desconocidos tal vez por falta del espíritu crítico necesario para revisar los conocimientos y las doctrinas recibidas. Una vez superada esta fase, y teniendo en cuenta la gran fertilidad de las especies, Darwin pasa a hablar de la lucha por la subsistencia y a plantear el concepto de la Selección Natural como generadora de nuevas especies. El Capítulo IV es la clave de la obra, en él aparecen definidas la Selección Natural y su acción en los seres vivos, la adaptación. Ésta ya era conocida por autores anteriores, pero mientras la mantenían como una situación estática, Darwin la define como una situación dinámica, en constante cambio ante unas situaciones ambientales también cambiantes. Es el ambiente el que actúa sobre la variabilidad de los seres vivos y aquellos que en cada momento resultan favorecidos, gracias a poseer peculiaridades hereditarias, serán los mejor adaptados. El modo en que se muestra la adaptación es mediante la progenie: los mejor adaptados

tienen más hijos, en detrimento de los menos adaptados. Puesto que los hábitats son restringidos por diversas causas, los más adaptados irán aumentando de frecuencia en la población que, por esta causa, se irá modificando. Siempre es el ambiente el que selecciona, pero éste es muy diverso, teniendo componentes geológicos, climáticos, de recursos y seres vivos que pueden ser de la misma especie o de especies diferentes. Cualquier ser vivo está sometido a la acción de la Selección Natural y su éxito como tal depende de su adaptación. Darwin define este éxito como la capacidad de contribuir a la formación de la siguiente generación mediante la génesis de hijos fértiles. Es decir, evitando la extinción de la especie a la que pertenece.

Después de la exposición acerca de su idea de la Selección Natural, su actuación y sus resultados, en el resto del libro se dedica a estudiar las debilidades de la teoría y otros hechos relacionados con ella. Implicaciones y dificultades, extendiendo ya su ámbito de descripción a ejemplos traídos de cualquier parte del mundo. Todos los temas que trata los estudia con rigor y a la luz de los conocimientos de entonces, lo cual no deja de ser una lástima en algunos casos, pues explica su idea acerca de la herencia de los caracteres adquiridos, o de los instintos. Sus detractores actuales inciden en lo errado de sus juicios en estos campos sin tener en cuenta que

una obra hay que analizarla en el contexto cultural en que es realizada. Acertadas sus opiniones sobre extinciones o especies invasoras, en realidad los restantes capítulos representan un saber enciclopédico alrededor de un único afán, resaltar la importancia de la acción de la Selección Natural en el mundo de los seres vivos.

Porque, para mi entender, *El Origen de la Especies*, es un libro de evolución dirigido a científicos de mente abierta, en el que no defiende las ideas evolutivas. Darwin supone que sus lectores han superado esa fase intelectual. Desde el ámbito del evolucionismo, expone su idea de la acción del ambiente incidiendo en los seres vivos por medio de la Selección Natural. Lamarck ya había mencionado esta acción del ambiente, pero la había definido como difusa, ahora Darwin expone con claridad el mecanismo por el que el ambiente actúa sobre los seres vivos, la Selección Natural, pero habrá sido necesario admitir que entre esos seres existe variabilidad hereditaria y que al seleccionar el ambiente a los más adaptados para dar lugar a la siguiente generación, las poblaciones pueden resultar modificadas. Esta es su gran propuesta conceptual, la descendencia modificada.

Me gusta el Capítulo VII, en el que comenta las dificultades con que es admitida su teoría, pero nos muestra otras cosas, tal vez sin pretenderlo. Nos comenta que unos

“evolucionistas” juzgan de un modo crucial la acción de la Selección Natural, mientras que para otros “evolucionistas” esa acción es diferente. Es decir, hay controversia acerca del modo de actuación de la Selección Natural, aunque todos admiten la evolución. Darwin les llama “evolucionistas” que discrepan en sus ideas y forman un grupo dinámico y creativo desde el punto de vista científico. El pensamiento evolutivo está en marcha. También en este capítulo el autor indica, prudentemente, que la selección sigue actuando y que, por tanto, el proceso evolutivo no se ha detenido.

Es curioso que, a lo largo de su obra, Darwin sea reacio a utilizar la palabra “evolución” o “modificación”. No obstante, la última palabra del libro es una derivada del verbo “evolucionar”. Tal vez

un detalle buscado. Pero en esas últimas palabras también expone de modo muy prudente el posible origen común de todos los seres vivos y su opinión acerca de que la evolución continúa actuando. Todo en el último párrafo, como una despedida conceptual¹.

Cuando Darwin entrega su obra al público, ofrece la idea de un mundo de seres vivos en constante proceso evolutivo gracias a la Selección Natural, habitando un Planeta también cambiante gracias a las causas actuales. Causas actuales en el Planeta y Selección Natural entre los seres vivos, son los agentes eficaces del cambio. El paisaje científico ha cambiado por completo, por eso se considera que *El Origen de las Especies* marca un antes y un después en la Historia de la Ciencia. **SB**

¹ Cuando traduje esta obra, tal vez de modo cómplice con Darwin, procuré una redacción en la que las últimas palabras del texto son “seguen a evolucionar”, “siguen evolucionando” como adhesión a un proceso perfectamente definido y dinámico.

Recordemos el (otro) conflicto nuclear

la evolución de formas multinucleadas en eucariotas

Miguel Ángel Naranjo-Ortiz, investigador postdoctoral en Clark University, Worcester, Massachusetts, USA

Si la primera mitad del siglo XX estuvo marcada por las dos guerras mundiales, la segunda lo estuvo por el terror colectivo a una tercera. Dos grandes potencias dividían el mundo, y cada bando sabía que el otro suponía una amenaza para la supervivencia de nuestra especie, gracias al desarrollo de la bestia atómica. En respuesta a ello, los matemáticos desarrollaron la teoría de juegos, en buena parte buscando una solución racional al conflicto mundial antes de que el conflicto acabase con el mundo. Buscando siempre el beneficio propio, debía existir una solución que no supusiera un “Game Over” para todos. Entretanto, varios biólogos influenciados por esta nueva teoría se percataron de una importante paradoja: Si toda estrategia está motivada por la búsqueda del beneficio propio, ¿Cómo era posible que existiera

el altruismo? La ciencia había invertido la más importante de las preguntas teológicas, el porqué del mal, y la había logrado expresar en términos matemáticos. Bajo esta óptica, el altruismo emergía allá donde se lo buscara, incluyendo organismos simples y susceptibles de manipulación experimental. Uno de los modelos más importantes en este campo resultó ser la ameba social *Dictyostelium discoideum*. Ésta vive habitualmente en forma de células individuales que, en condiciones adecuadas, se agregan en un estadio pluricelular llamado plasmodio. Cada núcleo en el plasmodio tiene un destino diferente. Los más, formarán parte de una estructura elevada llamada esporangio del que emergerán esporas de nuevas amebas. Una minoría, en cambio, formará parte del pie del esporangio, una zona estéril que sirve para

que sus compañeros tengan más posibilidades de reproducirse.

Llegamos así al segundo gran conflicto nuclear del siglo XX, generalmente ignorado pero de enorme interés para el pensamiento evolutivo. El plasmodio emerge por acreción de células sueltas, cada una con su núcleo que puede ser distinto a su vecino. No formar un pie no es una opción, puesto que la colonia lo necesita para propagar sus esporas. ¿Cómo decide *Dictyostelium* qué núcleos se sacrificarán por el bien co-

mún? Estas cuestiones llevarían al descubrimiento de fenotipos tramposos [Figura. 1], que buscan evitar formar parte del pie, lo que causa el colapso de la colonia una vez alcanzada cierta proporción en la población (Strassmann, Zhu, & Queller, 2000; Strassmann & Queller, 2011). Este tipo de descubrimientos inspiraron toda una serie de trabajos, entre los que se encuentra la publicación por Richard Dawkins de *El gen egoísta* (Dawkins, 1989), que proponía contextualizar la biología evolutiva en términos de proporciones de genotipos dentro de

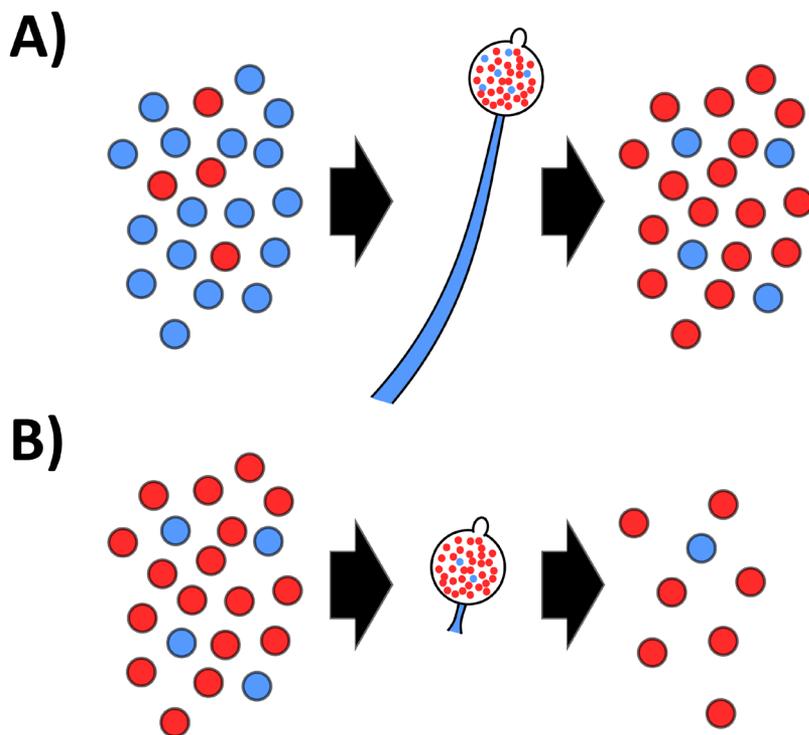


Figura 1: Fenotipos tramposos (cheater). A) La eficiencia reproductiva de los fenotipos tramposos (rojo) es elevada cuando se encuentran en minoría en la población, de modo que la nueva generación contiene una mayor proporción de tramposos que la original. B) Cuando los tramposos dominan la población, la formación del pie es deficiente. Ello causa problemas en la capacidad de dispersión, lo que afecta a la eficacia reproductiva del conjunto completo.

una población. *El gen egoísta* pasaría a la posteridad como uno de los más influyentes libros sobre biología jamás escritos. Sin embargo, coincidiendo con el auge de la biología molecular, el interés por este tipo de problemas fue menguando paulatinamente.

Las condiciones necesarias para la existencia de conflictos nucleares se dan en numerosos linajes de eucariotas. La existencia de formas multinucleadas se conoce en varios linajes de eucariotas, incluyendo Amoebozoa (Mycetozoa, Tubulinea), Opisthokonta (Fungi, Foticulida), Stramenopiles (Oomycetes), Rhizaria (Foraminifera, Plasmodiophorida) y Excavata (Acrasida) (Niklas, 2014). Si bien cada grupo presenta diferentes peculiaridades en su organización celular, todos ellos forman comunidades supracelulares en que cada núcleo individual supone una unidad funcional que debe colaborar o competir con el resto de núcleos a la hora de reproducirse. Cada núcleo forma parte de una población, que a su vez posee la posibilidad de formar nuevas poblaciones. Por ello, el éxito reproductivo de cualquier genotipo que no esté fijado en la población dependerá tanto de su capacidad de dominar su población actual como de propagarse a nuevas poblaciones. Todas o algunas de estas propiedades pueden aplicarse también a los múltiples linajes de organismos coloniales así como otras formas de organización celular aún más exóticas. Por ejemplo,

“Las condiciones necesarias para la existencia de conflictos nucleares se dan en numerosos linajes de eucariotas”

existen varios linajes de algas rojas parásitas que fusionan sus células con el huésped, casi siempre otro alga roja filogenéticamente próxima, produciendo un tejido que posee dos poblaciones de núcleos distintas (Preuss, Nelson, & Zuccarello, 2017). Este tejido mixto producirá esporas propagativas, favoreciendo los núcleos del parásito sobre los del huésped [Figura 2].

El conflicto nuclear ha sido ampliamente estudiado en varias especies del reino Fungi, la mayoría de los cuales viven como sincitios filamentosos que pueden poseer miles o millones de núcleos. Este conflicto parece formar parte inherente de la biología de los hongos formadores de micorrizas arbusculares (Glomeromycota). Algunos autores han propuesto que las diversas subpoblaciones podrían estar especializadas en interactuar con un determinado rango de especies vegetales, lo que haría al conjunto más versátil y explicaría la aparente disparidad entre número de especies de plantas terrestres y de hongos micorrízicos (Mathieu et al., 2018). Estos organismos producen esporas que contienen cientos de núcleos, lo que permite la

propagación de mezclas nucleares. Experimentos basados en secuenciación de núcleos individuales apuntan a la existencia de comunidades complejas, pero no existe consenso acerca del grado de heterogeneidad existente y sus consecuencias ecológicas (Ropars & Corradi, 2015). El ciclo vital de *Dikarya* [Figura 3], el linaje de hongos que incluye los dos mayores filos (Ascomycota y Basidiomycota), contiene una fase en que dos individuos compatibles se fusionan formando una hifa dikarionte (con dos núcleos distintos). Tras un tiempo, dos de los núcleos originales se fusionarán, dando lugar a nuevos núcleos cuya ploidía es el doble de los originales. En la mayor parte de los casos, este núcleo sufrirá meiosis para producir esporas, lo que ocurre habitualmente en algún tipo de esporangio especializado. En algunos casos, no obstante, puede ocurrir el denominado ciclo parasexual, en los que la meiosis no ocurre una vez generada la unión, y el número de cromosomas original se restablece eventualmente a base de perder cromosomas por el camino.

En el interior de la hifa, cada núcleo parece ejercer influencia sobre una región bastante delimitada del citoplasma, lo que ha venido a conocerse como el modelo de "células dentro de células" (Roper et al., 2013). A su vez, dado que los núcleos provienen de individuos que pueden presentar diferentes fenotipos, la respuesta de las

dos poblaciones al ambiente puede ser diferente. Imaginemos, por ejemplo, el cruce entre dos hongos compatibles, A y B, que difieren en su temperatura óptima de crecimiento. En condiciones frías, A se reproducirá más rápido y potencialmente ocupará una fracción mayor del citoplasma. En condiciones de mayor temperatura, B será quien se divida con mayor eficiencia. Este fenómeno permitiría la emergencia de variabilidad fenotípica sin la necesidad de elementos genéticos reguladores más allá del propio conflicto nuclear. Por contra, condiciones muy estables o que ejerzan una selección elevada sobre una de las poblaciones favorecerá la pérdida de la otra. En ambientes cuyas condiciones ambientales sean variables y heterogéneas, este tipo de sistemas deben ser habituales. Por contra, uno no puede sino preguntarse cuántos de estos heterokariontes se habrán perdido al someter a los hongos a las condiciones estables de cultivo durante su aislamiento.

Es importante recordar que la heterokariosis no es una propiedad exclusiva del resultado de exóticas uniones. Una única espora con un único núcleo dará lugar a un micelio heterogéneo casi necesariamente. Cada núcleo individual puede acumular mutaciones. Si sólo una de las poblaciones es deficiente para la función de un gen, ésta debería desaparecer eventualmente. Pero si ambas son deficientes para distintos genes, el heterokarionte pasaría a ser estable,

al menos hasta que exista recombinación entre los núcleos que restaure la función de todos los genes involucrados. Los núcleos también pueden acumular aberraciones cromosómicas, entre las que destacan las aneuploidías. Sabemos que los hongos acumulan estas mutaciones, consistentes en presentar cromosomas enteros o grandes regiones de los mismos en un número de copias distinto al resto del genoma. Las aneuploidías pueden conferir al hongo resistencia contra agentes ambientales adversos, como pueden ser sustancias antimicóticas. Sin embargo, también tienden a acarrear un importante coste en términos

“El ciclo vital de Dikarya contiene una fase en que dos individuos compatibles se fusionan formando una hifa dikarionte (con dos núcleos distintos)”

biológicos. La presencia de núcleos aneuploides y euploides (con ploidia normal) conviviendo en un mismo citoplasma permitiría ajustar el balance coste-beneficio de estas mutaciones, así como revertir rápidamente a un estado óptimo una vez des-

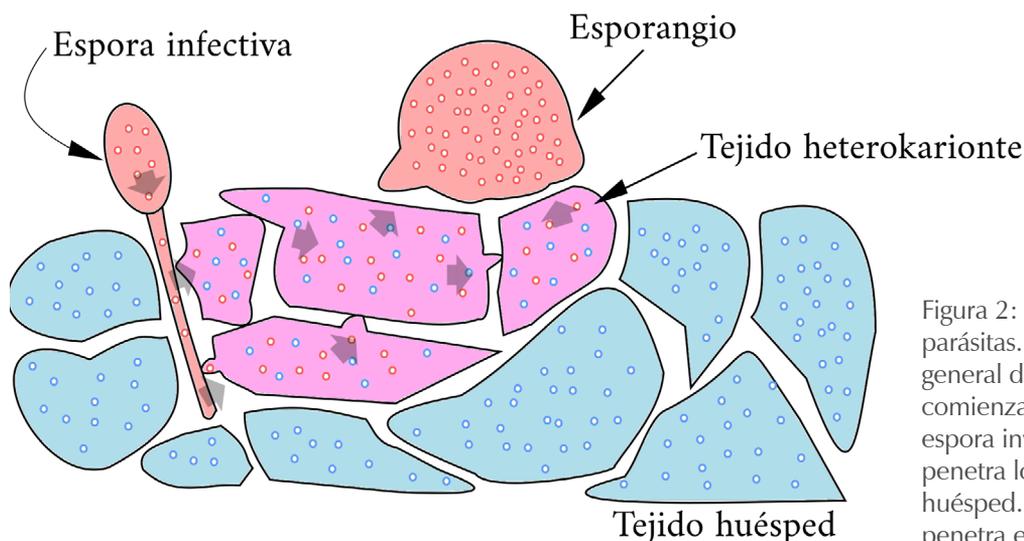


Figura 2: Algas rojas parásitas. El ciclo vital general de estas algas comienza con una espora invasiva que penetra los tejidos del huésped. La espora penetra el tejido e

inyecta núcleos en las células huésped, formando células heterokariontes. Estas células continúan estableciendo contactos con células vecinas, transmitiendo los núcleos del parásito. Finalmente, el tejido heterokarionte genera un esporangio, el cual sólo contiene núcleos del parásito.

“Núcleos aneuploides y euploides conviven en un mismo citoplasma”

aparecida la presión selectiva. Igualmente, una vez alcanzado un número de núcleos suficiente, disponer de un porcentaje de ellos con dichas aneuploidías en todo momento debería permitir al hongo responder más rápidamente en caso de exposición a nuevas condiciones ambientales. Esto mismo ha sido observado en *Ashbya*, un hongo filamentoso relacionado con la levadura del pan. En condiciones normales, una subpoblación de núcleos puede estar acumulando y perdiendo cromosomas de manera espontánea, y la frecuencia de núcleos aneuploides incrementa en respuesta a diversos tipos de estrés (Anderson et al., 2015).

Si estos fenómenos son comunes en hongos y demás linajes multinucleados, debemos comenzar a considerarlos como un componente importante en todas las facetas de su biología. Si no lo son, debemos preguntarnos qué mecanismos moleculares limitan su incidencia. En hongos existen ejemplos que sugieren la existencia de maquinaria celular tanto para promover como para evitar el conflicto nuclear, y por tanto es poco probable que pueda enunciarse una generalización válida para el conjunto del reino. Es importante mencionar que la naturaleza filamentosa de

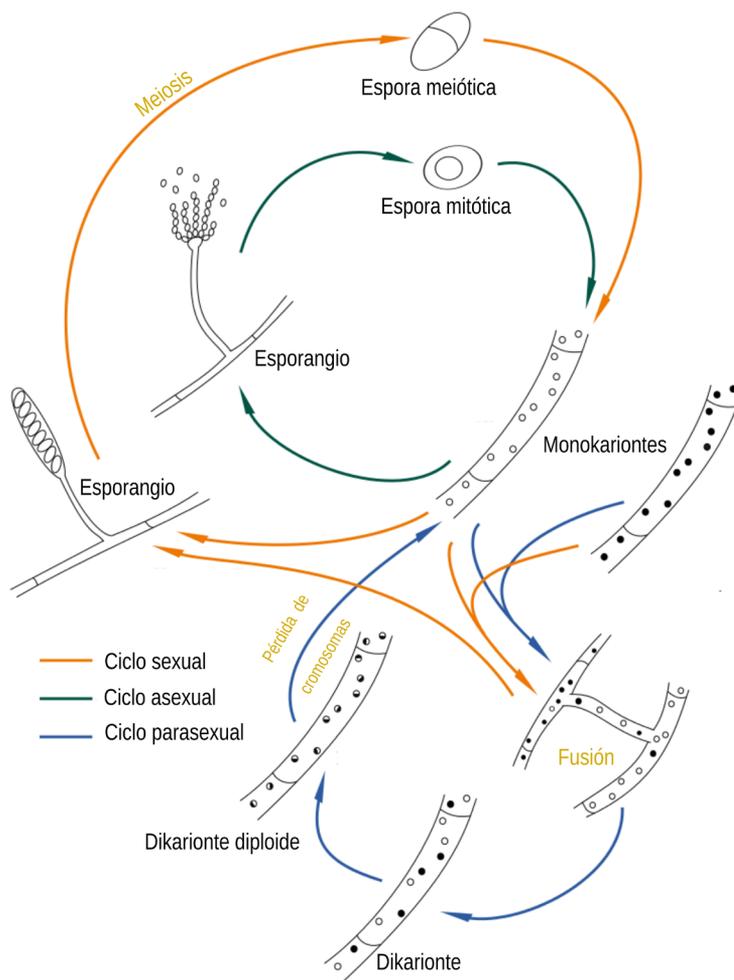
los hongos plantea una serie de problemas estructurales que no existen en otros linajes multinucleados. Los hongos forman una red que crece de manera dirigida por la respuesta del hongo a diversos estímulos externos e internos. En la zona de crecimiento, el hongo tiende a presentar autotropismo negativo, con lo que las secciones metabólicamente activas tenderán a poseer pocas conexiones con el grueso de la red. Por tanto, de manera similar al fenotipo variegado de algunas plantas, el sistema tenderá a perder la heterokariosis simplemente por variaciones estocásticas. Esto puede ocurrir en toda la colonia, o limitarse a secciones particulares de la misma. Como cualquier otro fenómeno estocástico, su magnitud estará determinada por el tamaño de la población, aunque el establecimiento de nuevas secciones en la colonia probablemente suponga cuellos de botella locales.

En este sentido, experimentos realizados en el hongo filamentoso *Neurospora* demuestran la existencia de corrientes citoplásmicas que aseguran que la población nuclear permanezca adecuadamente mezclada a lo largo de toda la colonia. Sin embargo, *Neurospora* tiene una tasa de crecimiento excepcional, que mantiene

la práctica totalidad de los núcleos de su colonia en un estado mitóticamente activo, y utiliza las corrientes citoplasmáticas para bombear núcleos hacia las zonas de crecimiento (Geng et al., 2015). Es probable que otros hongos con un crecimiento más lento limiten la presencia de núcleos en división a los bordes de la colonia. Para

Neurospora y otros miembros filamentosos de Ascomycota, la división celular parece ser descoordinada. Esta propiedad es esencial para la existencia de conflicto nuclear, pero no es necesariamente universal. Por ejemplo, la mayor parte de miembros de Agaricomycetes forman hifas dikariontes que mantienen sólo dos núcleos por seg-

Figura 3: Ciclo de vida general de un hongo Dikarya. El ciclo comienza con un talo monokarionte, tras lo cual puede progresar de diferentes maneras. Ciclo sexual: La hifa monokarionte genera un esporangio en el que se produce fusión nuclear y meiosis. Esta diferenciación puede ocurrir a partir de núcleos iguales (homotalismo), o involucrar la fusión de dos hifas diferentes y sexualmente compatibles. En este segundo caso, se produce primero una hifa dikarionte, que puede ser de vida muy corta (la mayoría de Ascomycota) o formar la mayor parte de la vida del hongo (la mayoría de Basidiomycota). Ciclo asexual: El micelio vegetativo diferencia esporangios en los que se producen esporas por mitosis. Estas esporas son genéticamente idénticas al micelio inicial. Ciclo parasexual. Dos hifas compatibles se fusionan y generan un heterokarionte. Tras un tiempo, los dos tipos de núcleos se fusionan, generando un monokarionte diploide. La ploidía del nuevo estadio es inestable, por lo que sufre pérdidas de cromosomas hasta alcanzar una ploidía similar a la original.



“Estos ejemplos suponen un abanico nuevo de formas en que un genoma puede organizarse, nuevas relaciones entre genotipo y fenotipo y nuevas dimensiones de complejidad”

mento interseptal, propagándose de manera coordinada. Este mecanismo mantiene la estabilidad del dikarionte, al tiempo que elimina por completo las consecuencias del conflicto nuclear. Igualmente, para colonias de gran tamaño, los efectos estocásticos se debilitan a favor de la selección natural. Esto sugiere la posibilidad de tener regiones de la colonia con diferente composición genética, si el tamaño de la colonia y las presiones selectivas a escala local son suficientes. Sin embargo, análisis genómicos en una colonia de *Armillaria* que se extiende a lo largo de varios kilómetros cuadrados encontraron un grado de homogeneidad genética altísimo (Anderson et al., 2018). Un estudio similar utilizó a *Marasmius*, que forma los llamados “círculos de hadas” (Hiltunen et al., 2019). Como este hongo crece de manera anular, los autores pudieron calcular la tasa de mutación midiendo el número de mutaciones acumulados en distintas regiones del círculo a lo largo del tiempo. Sus cálculos arrojan una tasa de mutación dos órdenes de magnitud menor que en ratón, en concordancia con lo observado en *Armillaria*. Desafortunadamente desconocemos la base molecular de este fenómeno.

Mucho más estudiados son los mecanismos que regulan la formación de hifas dikariontes. Estas uniones acarrear importantes riesgos para el hongo, incluyendo la transmisión de virus, parásitos citoplasmáticos, plásmidos y, por supuesto, conflicto nuclear (Strom & Bushley, 2016). Existe toda una batería de cascadas de señalización que son necesarias para iniciar la fusión, y otras tantas que hacen que la nueva hifa dikarionte entre en apoptosis si no se cumplen determinados requisitos. La eficiencia de estas líneas de defensa es variable, y tiende a reducirse bajo estrés. Esto permite al hongo ajustar el riesgo-beneficio de la unión en función del ambiente, de modo que utilizará una estrategia conservadora en condiciones favorables y tomará más riesgos cuando la situación sea más peliaguda. Los virus fúngicos, que en su inmensa mayoría permanecen en el interior de célula durante todo su ciclo, son capaces de inhibir estos sistemas de reconocimiento y rechazo (Wu et al., 2017). Estos virus actúan generando hongos “temerarios”, que seguramente sean capaces de adaptarse más rápidamente a condiciones inestables. Incluso si estas uniones son efímeras, sus consecuencias pueden perdurar

en el tiempo. Porciones de cromosomas pueden, esporádicamente, saltar de un núcleo a otro, y permanecer ahí una vez la población nuclear original ha desaparecido. Si dichos fragmentos incluyen genes que codifican un fenotipo bajo selección, la transferencia puede reducir la aptitud (fitness) relativa de la población donante, favoreciendo su desaparición. Varios hongos poseen cromosomas o regiones cromosómicas accesorias, que a menudo incluyen grupos de genes de patogenicidad que determinan la capacidad de infectar una planta determinada. Por medio de dikariontes, estas regiones completas pueden saltar de una cepa a otra, permitiendo así la emergencia de nuevos linajes patógenos (Ishikawa *et al.*, 2012).

Todos estos ejemplos ponen de manifiesto la necesidad de re-explorar estos fenómenos evolutivos a la luz de las modernas tecnologías genómicas. Suponen un abanico nuevo de formas en que un genoma puede organizarse, nuevas formas de relación entre genotipo y fenotipo y nuevas dimensiones de complejidad en unos organismos que el común del público aún gusta tildar de “simples” o “inferiores”. Son sistemas en que se tocan ramas de la biología que jamás pensaron que podrían tocarse, donde convergen ecología, genética, biología celular y evolución, una suerte de singularidad conceptual donde el núcleo deja de ser el trasfondo donde buscar al

genoma y se convierte en protagonista en pleno derecho.

Referencias:

- Anderson, C.A., Roberts, S., Zhang, H., Kelly, C.M., Kendall, A., Lee, C., Gerstenberger, J., Koenig, A.B., Kabeche, R. & Gladfelter, A.S. (2015) Ploidy variation in multinucleate cells changes under stress. *Molecular Biology of the Cell* 26, 1129–1140.
- Anderson, J.B., Bruhn, J.N., Kasimer, D., Wang, H., Rodrigue, N. & Smith, M.L. (2018) Clonal evolution and genome stability in a 2500-year-old fungal individual. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285, 20182233.
- Dawkins, R. (1989) *The selfish gene*. Oxford University Press.
- Geng, T., Bredeweg, E.L., Szymanski, C.J., Liu, B., Baker, S.E., Orr, G., Evans, J.E. & Kelly, R.T. (2015) Compartmentalized microchannel array for high-throughput analysis of single cell polarized growth and dynamics. *Scientific Reports* 5, 16111.
- Hiltunen, M., Grudzinska-Sterno, M., Wallerman, O., Ryberg, M. & Johannesson, H. (2019) Maintenance of High Genome Integrity over Vegetative Growth in the Fairy-Ring Mushroom *Marasmius oreades*. *Current Biology* 29, 2758-2765.e6.
- Ishikawa, F.H., Souza, E.A., Shoji, J.-Y., Connolly, L., Freitag, M., Read, N.D. & Roca, M.G. (2012) Heterokaryon incompatibility is suppressed following conidial anastomosis tube fusion in a fungal plant pathogen. *PLoS One* 7, 1–9.
- Mathieu, S., Cusant, L., Roux, C. & Corradi, N. (2018) Arbuscular mycorrhizal fungi: intraspecific diversity and pangenomes. *New Phytologist* 220, 1129–1134.
- Niklas, K.J. (2014) The evolutionary-developmental origins of multicellularity. *American Journal of Botany* 101, 6–25.
- Preuss, M., Nelson, W.A. & Zuccarello, G.C. (2017) Red algal parasites: A synopsis of described species,

their hosts, distinguishing characters and areas for continued research. *Botanica Marina* 60, 13–25.

Ropars, J. & Corradi, N. (2015) Homokaryotic vs heterokaryotic mycelium in arbuscular mycorrhizal fungi: different techniques, different results? *New Phytologist* 208, 638–641.

Roper, M., Simonin, A., Hickey, P.C., Leeder, A. & Glass, N.L. (2013) Nuclear dynamics in a fungal chimera. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 110, 12875–12880.

Strassmann, J.E. & Queller, D.C. (2011) How social evolution theory impacts our understanding of development in the social amoeba *Dictyostelium*. *De-*

velopment, Growth & Differentiation 53, 597–607.

Strassmann, J.E., Zhu, Y. & Queller, D.C. (2000) Altruism and social cheating in the social amoeba *Dictyostelium discoideum*. *Nature* 408, 965–967.

Strom, N.B. & Bushley, K.E. (2016) Two genomes are better than one: history, genetics, and biotechnological applications of fungal heterokaryons. *Fungal Biology and Biotechnology* 3, 1–14.

Wu, S., Cheng, J., Fu, Y., Chen, T., Jiang, D., Ghahrial, S.A. & Xie, J. (2017) Virus-mediated suppression of host non-self recognition facilitates horizontal transmission of heterologous viruses. *PLOS Pathogens* 13, 1–25.

El valor de la filosofía para la biología evolutiva

Juan Gefaell Borrás, investigador predoctoral en el Departamento de Bioquímica, Genética e Inmunología de la Universidad de Vigo

En círculos filosóficos, a menudo se pone de relieve la profunda importancia que la ciencia y sus hallazgos tienen para la reflexión filosófica. Sin embargo, no sucede lo mismo en los círculos científicos. Al menos en mi experiencia, los científicos suelen ser menos conscientes que los filósofos e historiadores de la influencia que las ideas filosóficas han tenido y tienen sobre la ciencia. Y, sin embargo, esta influencia es patente en múltiples sentidos.

Una disciplina en la cual las ideas filosóficas han condicionado significativamente el

desarrollo de las ideas científicas es la biología evolutiva. Hay múltiples ejemplos de ello. No es solo que los filósofos hayan sido especialmente proclives a defender a la biología evolutiva de los ataques teóricos y políticos del creacionismo¹. Además de eso, los debates contemporáneos en torno a cuestiones tales como las unidades de selección (Okasha, 2006), la selección natural (Godfrey-Smith, 2009), la inferencia filogenética (Sober, 1988), o la presunta necesidad de ampliar la teoría evolutiva estándar (Pigliucci, 2007) han estado profundamente marcados por las contribuciones de los filósofos.

¹ Por ejemplo, en el juicio *McLean v. Arkansas*, en el que se debatía la constitucionalidad de una ley del Estado de Arkansas que obligaba a enseñar la «ciencia de la creación» en las escuelas públicas de todo el Estado, el filósofo Michael Ruse tuvo un papel clave a la hora de convencer al juez de que esta presunta disciplina no era en absoluto científica, y, por tanto, su enseñanza en las escuelas era inconstitucional. La transcripción del testimonio de Michael Ruse puede encontrarse en: *McLean v. Arkansas Documentation Project* (en línea) Testimony of Dr. Michael Ruse. Recuperado el 15/09/19 de: http://www.antievolution.org/projects/mclean/new_site/pf_trans/mva_tt_p_ruse.html.

“Darwin estuvo enormemente influido por los filósofos de la ciencia británicos”

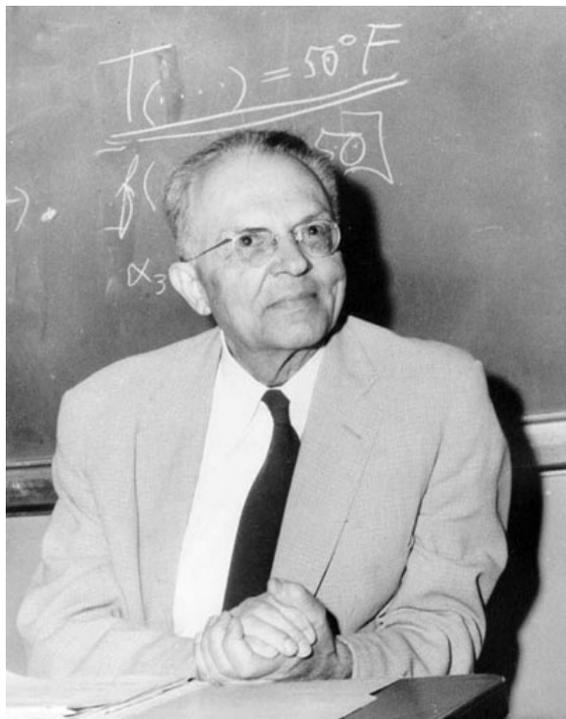
Pero esta influencia no se limita a la actualidad, sino que está incrustada en toda la historia moderna de la disciplina. Sin ir más lejos, hay múltiples evidencias de que el propio Darwin estuvo enormemente influido por los filósofos de la ciencia británicos de su época (Ruse, 1975). Por otro lado, buena parte de los biólogos evolutivos más importantes del siglo pasado han mostrado inclinaciones filosóficas que sin duda han condicionado la forma en la que llevaban a cabo sus investigaciones científicas. Estoy hablando de figuras de la talla de Ernst Mayr (1988, 1997, 2004), Francisco Ayala y Theodosius Dobzhansky (1983), o Richard Lewontin (2000), entre otros. Así pues, la filosofía ha influido significativamente en la labor de los biólogos evolutivos, y esta influencia ha sido mayoritariamente positiva.

De todas maneras, por si los anteriores ejemplos no fueran suficientes para persuadir a los biólogos evolutivos de la importancia de la filosofía, por si no fueran suficientes para convencer de que esta disciplina no es únicamente, como muchos científicos piensan, pura especulación de sillón, sino que puede tener efectos positi-

vos sobre la ciencia, permitidme que pase a describir brevemente un episodio de la historia contemporánea de la biología evolutiva en la cual la influencia de la filosofía se advierte claramente. Se trata de la influencia que tanto el filósofo de la ciencia de los años 20 y 30 del siglo pasado Joseph Woodger, como el movimiento del positivismo lógico tuvieron sobre la construcción de la Síntesis Evolutiva Moderna, el paradigma reinante en la biología evolutiva actual (Smocovitis, 1992).

Para comenzar a describir esta historia, es preciso hacer una pequeña referencia al contexto filosófico de la época, así como a la situación en la que se encontraba la biología evolutiva en las primeras décadas del siglo XX. Empecemos por esta última. Antes de Darwin, varios autores, entre los que destacan figuras como Jean-Baptiste Lamarck o Robert Chambers, habían formulado ya teorías de carácter evolucionista o transmutacionista; sin embargo, ninguno de ellos había aportado pruebas suficientes sobre la evolución como para persuadir a los científicos de la misma. Esto cambia con Charles Darwin. Darwin aporta pruebas embriológicas, taxonómicas, biogeográficas, paleontológicas, morfológicas y etológicas que muestran convincentemente que la evolución ha ocurrido (Ruse, 2009).

Pero además de esto, Darwin propone también un mecanismo para explicar cómo



Fotografía de Rudolf Carnap, el cual con toda probabilidad ha sido el positivista lógico más destacado e influyente.

podía haber ocurrido la evolución: la selección natural. Darwin empleó básicamente dos líneas argumentales para convencer de que la evolución podía haberse producido por selección natural². En primer lugar, señaló, siguiendo una lógica malthusiana, que en la naturaleza nacen más individuos de los que es posible sostener, dada la limitación de recursos. Por este motivo, en ella debía de producirse una «lucha por la su-

pervivencia», de forma que solamente los individuos más aptos –por expresarlo en los términos de Herbert Spencer–, aquellos que estuviesen más preparados para la competición por los recursos, podrían sobrevivir y reproducirse.

En segundo lugar, Darwin hizo uso de una analogía. Del mismo modo que los criadores de animales seleccionan aquellos individuos más adecuados para sus propósitos, premiándolos con el acceso a la reproducción, en la naturaleza también se produciría un proceso de «selección». Ahora bien, a diferencia de la selección llevada a cabo por los criadores, esta última clase de selección sería «natural», esto es, no finalista y no guiada por ninguna clase de meta establecida de antemano.

Pues bien, si a ambos argumentos le sumamos el principio de la herencia, según el cual los rasgos de los progenitores se transmiten a la descendencia, tenemos las bases del mecanismo por el cual podría haberse producido la evolución en la naturaleza.

A pesar de lo aparentemente impecable del razonamiento darwiniano, lo cierto es que los científicos de su época se mostraron muy escépticos desde el primer momento acerca de la veracidad de la selección natural. En el rechazo de la selección natural por parte los científicos intervinieron facto-

² Para un tratamiento más en profundidad de la cuestión puede verse Ghiselin (1983).

res de índole metafísica, epistemológica y científica³. En cualquier caso, y sin entrar a valorar si estos factores eran legítimos, lo cierto es que tras la publicación de *El Origen* nos encontramos con una situación en la que Darwin había conseguido persuadir al conjunto de la comunidad científica acerca de la evolución, pero no había conseguido convencerla de que la evolución funcionaba por selección natural (Bowler, 1985, 2003).

Esta aceptación desigual de las teorías de Darwin pronto llevó a un escenario en el cual se constituyeron varias escuelas que comenzaron a competir entre ellas por explicar el hecho evolutivo. Todas estas escuelas aceptaban la evolución; sin embargo, cada una de ellas proponía una explicación diferente de la misma. Estas explicaciones ni siquiera eran, en muchos de los casos, estrictamente científicas, sino que estaban basadas en doctrinas metafísicas o principios ideológicos.

Así, por ejemplo, una de las escuelas en liza durante esta etapa era lo que se suele denominar el «evolucionismo teísta», que postulaba que la evolución se había producido gracias a la intervención divina. Otra escuela, en este caso más secular pero no por ello menos metafísica, era el neolamarckismo, que al igual que el lamar-

kismo clásico, seguía haciendo énfasis en la herencia de los caracteres adquiridos como principal mecanismo evolutivo. Por otro lado, la escuela ortogenetista postulaba la existencia de fuerzas internas a los organismos que los hacían evolucionar en determinadas direcciones, aun a costa de sacrificar su eficacia biológica y de poder conducirlos eventualmente a la extinción. En cuarto lugar, la escuela mutacionista, que había surgido al calor del redescubrimiento de las leyes de Mendel por De Vries, von Tschermak y Correns, defendía que la evolución podía producirse a saltos, generando especies novedosas en una sola generación. Y, por último, el neodarwinismo, que había purgado los elementos no estrictamente darwinianos del legado de Darwin –como la herencia de caracteres adquiridos– hacía una defensa a ultranza de la selección natural como único mecanismo de la evolución (Bowler, 1985).

Este periodo de competición entre escuelas, que en la literatura especializada suele conocerse como el «eclipse del darwinismo», abarcó aproximadamente desde la muerte de Darwin en 1882 hasta alrededor de 1930. La principal consecuencia que tuvo el eclipse del darwinismo para la biología evolucionista fue que provocó una fuerte desunión en el conjunto de los estudios evolutivos. Cada escuela no solo

³ Algunos de estos motivos pueden encontrarse en Bowler (1985: 32-34).

mostraba ideas diferentes acerca de cómo funcionaba la evolución, sino que también presentaba unas prioridades de investigación distintas, así como un conjunto de métodos particulares que en su mayoría no eran compartidos por el resto de escuelas. Por tanto, apenas existía consenso en el seno de la biología evolutiva.

Sin embargo, esto no era algo específico de los estudios evolutivos; toda la biología se encontraba durante las primeras décadas del siglo XX profundamente dividida. Apenas existía comunicación entre los embriólogos, los naturalistas, los fisiólogos, los bioquímicos, los evolucionistas o los genetistas, por poner el caso. Los intentos que se habían realizado de unificar el conjunto de ciencias biológicas habían fracasado estrepitosamente (Smocovitis, 1992).

Así pues, el panorama tanto de la biología evolutiva como de la biología en general a principios del siglo XX era el de un severo estado de desunión. Además, gran parte de las teorías biológicas y evolutivas de por aquel entonces estaban irremediablemente impregnadas de elementos metafísicos, de forma que su estatus científico era cuestionable a los ojos de los físicos, los químicos y otros científicos naturales.

Esto en cuanto al estado de la biología evolutiva durante las primeras décadas del siglo XX. Vayamos ahora con la exposición del contexto filosófico de dicha época. La



Fotografía de Joseph H. Woodger (izq.) con su hijo Christopher tomada en septiembre de 1949. La fotografía pertenece a la colección privada del autor, y ha sido tomada de Nicholson y Gawne (2015).

filosofía de la ciencia más popular durante la primera mitad del siglo XX fue el positivismo lógico. El positivismo lógico fue un movimiento enormemente rico en matices y profundamente complejo, caracterizado por diversas ideas filosóficas (véase, por ejemplo, Creath, 2017). Sin embargo, para nuestro propósito solamente nos interesa destacar dos de ellas: la búsqueda de la eliminación de la metafísica del discurso filosófico y científico, y la meta de construir una gran Ciencia Unificada.

En cuanto a la primera de estas ideas, los positivistas lógicos eran particularmente beligerantes con la metafísica. Para ellos, esta era poco más que verborrea sin sentido. De acuerdo con los positivistas, solamente existirían dos tipos de proposiciones con sentido: las proposiciones analíticas y las proposiciones sintéticas. Las proposiciones analíticas serían todos aquellos enunciados trivialmente verdaderos en virtud del significado de los términos que los componen. Para los positivistas, las proposiciones analíticas serían aquellas características de la lógica y las matemáticas; por ejemplo: «ninguna persona soltera está casada» o « $4 + 4 = 8$ ».

En cambio, las proposiciones sintéticas serían todos aquellos enunciados que fuesen susceptibles de ser verificados empíricamente. Las proposiciones sintéticas podrían ser verdaderas o falsas dependiendo de si los hechos a los que se refiriesen fuesen ciertos o no. Por ejemplo, «Sabela está en el salón» o «los bígaros bravos viven en el intermareal rocoso» son sentencias cuya veracidad se determina contrastándolas con los hechos empíricos. Sin embargo, sean falsas o no, siempre tienen sentido, a diferencia de oraciones como «[e]l Ser Puro y la Nada Pura, por consiguiente, son Uno y lo mismo» (Hegel) o «La Nada nadea»

(Heidegger), que, por ser inverificables empíricamente, carecen de sentido alguno⁴. En definitiva, proposiciones que no fuesen ni analíticas ni sintéticas, como aquellas que abundaban en la filosofía idealista de la época, serían oraciones vacías de contenido, verborrea metafísica, y había por tanto que buscar su eliminación de cualquier clase de discurso que mereciese la pena.

En cuanto a la segunda de las ideas del positivismo lógico, sus partidarios eran especialmente favorables a la unificación de la totalidad del conocimiento en una gran Ciencia Unificada constituida sobre las bases de la física. Así, para los positivistas lógicos, el conjunto del conocimiento científico debía de ser coherente entre sí. La fórmula para hacerlo radicaba en la reducción de la totalidad de los conceptos científicos al vocabulario de la física. De ahí, los positivistas pretendían anclar los conceptos últimos de la física en una serie de enunciados protocolares básicos relativos a las experiencias empíricas. Todo conocimiento estaría fundamentado, por tanto, en términos físicos conectados directamente con los sentidos.

El deseo de unificar el conjunto del conocimiento en base a la física, núcleo de su propuesta de la gran Ciencia Unificada, era una meta epistemológica que los positivistas lógicos habían heredado de los filó-

⁴ Un jocoso análisis de estas sentencias y otras similares desde un punto de vista del positivismo lógico puede encontrarse en Carnap (1965).

sofos de la Ilustración y del pensador francés August Comte (Smocovitis, 1992). De acuerdo con Comte, la unidad de conocimiento podría llegar a conseguirse basando cada disciplina científica en una disciplina preexistente. Así, la sociología debía basarse en la biología, la biología en la química, la química en la física y la física en la astronomía. Aunque la propuesta de los positivistas lógicos acerca de cómo lograr la unificación de las ciencias era distinta en sus detalles a la de Comte, ambas compartían, sin embargo, la misma esencia.

Para los positivistas lógicos, ambos objetivos –la eliminación de la metafísica y la unificación del conocimiento– estaban

estrechamente relacionados. En efecto, la unificación del conocimiento jamás se podría llevar a cabo mientras las distintas disciplinas estuviesen impregnadas de conceptos metafísicos. La contaminación metafísica era un claro obstáculo a la axiomatización de los conceptos de las distintas ciencias, lo cual a su vez era una exigencia previa necesaria de cara a la posterior reducción de los mismos al vocabulario de la física.

Pues bien, en este contexto científico y filosófico es en el cual publica Joseph H. Woodger su obra *Biological Principles* (1929). Woodger estaba inspirado en varios aspectos por el positivismo lógico, y



Detalle del techo del auditorio del Ateneo de Madrid donde se hace referencia a todas las ciencias. / Wikipedia

esta huella intelectual se hace notar en *Biological Principles*. En ella, Woodger hace un diagnóstico de la biología de su época muy cercano a los postulados positivistas. Así, para él la biología se encuentra en un severo estado de desunión y profundamente impregnada de metafísica (Smocovitis, 1992). Tal y como hemos visto, Woodger no erraba demasiado en su diagnóstico. En este sentido, la biología evolutiva, con su miríada de escuelas en liza, era un ejemplo particularmente ilustrativo de esta tendencia a la falta de unidad. Pero, además, tal y como también hemos visto, el conjunto de la biología se hallaba hasta arriba de jerga metafísica. En la propia biología evolutiva, las explicaciones mecánico-causalistas se entremezclaban con la apelación a fuerzas más allá de toda conexión con lo observable.

En *Biological Principles*, Woodger propone eliminar cualquier atisbo de metafísica de la biología y tratar de basarla en la experimentación y la observación sistemáticas, más que en la especulación. De este modo se podría llegar a unir el conjunto de la biología. En este sentido, las propuestas de Woodger apenas se alejaban de lo que podría haber dicho cualquier positivista. Pero había algo en lo que sí que Woodger discrepaba con los positivistas: para éste, la biología no debía ser reducida a la física. Lo que se debía buscar era la axiomatización y la matematización de los conceptos bio-

lógicos, pero no su reducción a un vocabulario fiscalista. La unidad del conocimiento debía respetar la autonomía de las disciplinas biológicas. En consecuencia, las tareas de la biología para Woodger debían de ser la eliminación de la metafísica, la adopción de métodos experimentales y observacionales rigurosos, y la axiomatización y matematización de los conceptos biológicos. La ciencia biológica del futuro sería una ciencia unificada sobre la base de los métodos experimentales y el lenguaje matemático. No sería reducida a la física, pero se parecería significativamente a esta (Smocovitis, 1992).

Los objetivos de Woodger con respecto a la biología resonaron entre los biólogos evolutivos de la época. Por ejemplo, el biólogo inglés J. B. S. Haldane se hizo eco de ideas muy similares en su obra *Philosophical Basis of Biology*, publicada en 1931. Haldane, que habría de jugar un papel clave en la construcción de la Síntesis Evolutiva Moderna, compartía con Woodger el diagnóstico acerca de la situación de la biología, así como el conjunto de soluciones propuestas para sacarla del atolladero: de cara a su consolidación científica, la biología debía basarse en la experimentación y en el lenguaje matemático. El conjunto de la biología –incluyendo la biología evolutiva– debía ser compatible con la física y la química, e incluso apoyarse en ellas, si bien sin llegar al punto de la reducción (Smocovitis, 1992).

“Es muy probable que la Síntesis Evolutiva Moderna no hubiera tenido lugar sin el impulso filosófico que recibió por parte de Woodger y los positivistas lógicos”

Solo de esta manera se podría superar la desunión y elevar a los estudios evolutivos al estatus del resto de ciencias naturales.

Haldane mismo contribuyó con este enfoque experimental y matemático al estudio de la evolución, como atestiguan sus estudios acerca del melanismo industrial de la polilla *Biston betularia* (por aquel entonces denominada *Amphydasis betularia*; Haldane, 1990 [1924]). Del mismo modo, otra serie de autores inspirados por el espíritu positivista y woodgeriano de la época, contribuyeron a su consolidación. Entre ellos destacan Ronald Fisher y Sewall Wright, que fueron, junto a Haldane, los artífices de la unión de la genética mendeliana aplicada a las poblaciones con la aproximación matemática al estudio de la selección natural.

Cierto es que décadas atrás algunos biólogos habían estudiado el funcionamiento de la selección natural empleando herramientas estadísticas y matemáticas. Es el caso, por ejemplo, de Walter F. R. Weldon y sus estudios con el cangrejo de mar común (*Carcinus maenas*; antes *C. moenas*), realizados a finales del siglo XIX y principios del XX (p. e., Weldon, 1893). Pero proba-

blemente debido a la falta de conciencia filosófica acerca de la importancia de la matematización y experimentalización de los estudios evolutivos, sus trabajos no fueron ni de lejos tan influyentes como los de Haldane, Fisher o Wright. Fueron Woodger y los positivistas lógicos los que, aunque fuera indirectamente, persuadieron a los biólogos evolutivos de tomarse la experimentación y las matemáticas en serio.

La historia a partir de Haldane, Fisher y Wright es bien conocida. Sus trabajos inspiraron, entre otros, a Theodosius Dobzhansky, que con su *Genetics and the Origin of Species* de 1937 sentaría las bases de la gran teoría biológica del siglo XX: la Síntesis Evolutiva Moderna. La Síntesis Evolutiva Moderna serviría a su vez, tal y como recalcó una y otra vez Julian Huxley en su obra fundacional (1942), para unificar el conjunto de la biología sobre unas bases sólidas experimental y matemáticamente. Con ella, el sueño woodgeriano de la cientifización y unificación de la biología se había cumplido.

Dado el anterior relato de los hechos, basado en las tesis de la historiadora de la biología evolutiva Betty Smocovitis (1992),

es muy probable que la Síntesis Evolutiva Moderna no hubiera tenido lugar sin el impulso filosófico que recibió desde fuera por parte de Woodger y los positivistas lógicos. La biología evolutiva no está sola en esto. Durante las mismas décadas, el positivismo lógico contribuyó a la cientifización de la psicología ayudando a sentar las bases del conductismo. El conductismo, aun con todas sus limitaciones, ayudó a hacer de la psicología una disciplina más científica en la medida en que popularizó la aproximación matemática y experimental al estudio del comportamiento.

Así pues, tenemos como un autor –Joseph H. Woodger– y un movimiento filosófico –el positivismo lógico– ejercieron una influencia, no por indirecta menor, en la construcción de la teoría evolutiva más sólida y exitosa que haya existido en toda la historia del pensamiento evolucionista. A mi juicio, este caso histórico muestra, junto con los demás que he aportado al principio, cómo la filosofía puede ejercer un efecto positivo sobre la ciencia, a pesar del escepticismo inicial de buena parte de los científicos.

El pasado marzo se publicó en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* un artículo de opinión (Laplane et al. 2019) en el cual se reivindica el papel que la filosofía puede tener sobre la actividad cotidiana de los científicos. En dicho

artículo, firmado tanto por filósofos como por científicos, se especifican hasta cuatro medios por los cuales la filosofía puede contribuir a construir una mejor ciencia: (1) la clarificación de los conceptos científicos, (2) la evaluación crítica de ciertos métodos y presupuestos científicos; (3) la formulación de nuevos conceptos y teorías; y (4) la promoción del diálogo entre distintas ciencias, así como entre la ciencia y la sociedad. A continuación, después de ilustrar con una serie de ejemplos cada uno de estos puntos, se establecen una serie de medidas para promocionar la colaboración científica e institucional entre filósofos y científicos. Entre ellas figuran la apertura de espacios dedicados a la reflexión filosófica en los congresos científicos, la co-supervisión de tesis doctorales por filósofos y científicos o la lectura de publicaciones filosóficas por parte de los científicos. En relación a esto último, simplemente reseñar que no hay que buscar demasiado lejos ni irse directamente a los autores anglosajones; dentro de esta misma Sociedad hay buen material por el que empezar: basta leer las contribuciones a la filosofía de la ciencia evolutiva realizadas por miembros tan destacados como Andrés Moya (2010) o Antonio Diéguez (2012).

Referencias:

Ayala, F. & Dobzhansky, T. (1983) *Estudios sobre la filosofía de la biología*. Barcelona: Ariel.

- Bowler, P. J. (1985) *El eclipse del darwinismo*. Barcelona: Labor Universitaria.
- Bowler, P. J. (2003) *Evolution: The History of an Idea* (3ª edición). Berkeley: University of California Press.
- Carnap, R. (1965) *La superación de la metafísica mediante el análisis lógico del lenguaje*. En: Ayer, A. J. (ed.) *El positivismo lógico*. Madrid: Fondo de Cultura Económica, 66-87.
- Creath R., «Logical Empiricism». En: Edward N. Zalta, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Otoño de 2017). Recuperado el 15/07/19 de: <https://plato.stanford.edu/entries/logical-empiricism/>.
- Diéguez, A. (2012) *La vida bajo escrutinio: Una introducción a la filosofía de la biología*. Barcelona: Biblioteca Buridán.
- Dobzhansky, T. (1937) *Genetics and The Origin of Species*. Nueva York: Columbia University Press.
- Ghiselin, M. T. (1983) *El triunfo de Darwin*. Madrid: Cátedra.
- Godfrey-Smith, P. (2009) *Darwinian Populations and Natural Selection*. Oxford: Oxford University Press.
- Haldane, J. B. S. (1931) *Philosophical Basis of Biology*. Londres: Hodder & Stoughton.
- Haldane, J. B. S. (1990 [1924]) A mathematical theory of natural and artificial selection –I. *Bulletin of Mathematical Biology*, 52(1/2): 209-240.
- Huxley, J. S. (1942) *Evolution: The Modern Synthesis*. London: Allen and Unwin.
- Laplante, L., Mantovani, P., Adolphs, R., Chang, H., Mantovani, A., McFall-Ngai, M., Rovelli, C., Sober, E. & Pradeu, T. (2019) Why science needs philosophy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(10): 3948-3952.
- Lewontin, R. (2000) *The Triple Helix: Gene, Organism and Environment*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Mayr, E. (1988) *Towards a New Philosophy of Biology*. Cambridge University Press: Harvard Belknap Press.
- Mayr, E. (1997) *This is Biology*. Cambridge University Press: Harvard Belknap Press.
- Mayr, E. (2004) *What Makes Biology Unique?* Cambridge: The Press Syndicate of Cambridge University Press.
- McLean v. Arkansas Documentation Project (en línea) Testimony of Dr. Michael Ruse. Recuperado el 15/09/19 de: http://www.antievolution.org/projects/mclean/new_site/pf_trans/mva_tt_p_ruse.html.
- Moya, A. (2010) *Evolución: Puente entre las dos culturas*. Pamplona: Editorial Laetoli.
- Okasha, S. (2006) *Evolution and the Levels of Selection*. Oxford: Oxford University Press.
- Pigliucci, M. (2007) Do we need an extended evolutionary synthesis? *Evolution*, 61-12: 2743-2749.
- Ruse, M. (1975) Darwin's debts to philosophy: An examination of the influence of the philosophical ideas of John F. W. Herschel and William Whewell on the development of Charles Darwin's theory of evolution. *Studies in History and Philosophy of Science*, 6(2): 159-181.
- Ruse, M. (2009) The history of evolutionary thought. En: Ruse, M. & Travis, J. (2009) *Evolution: The First Four Billion Years*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1-48.
- Smocovitis, V. B. (1992) Unifying Biology: The Evolutionary Synthesis and Evolutionary Biology. *Journal of the History of Biology*, 25(1): 1-65.
- Sober, E. (1988) *Reconstructing the Past: Parsimony, Evolution, and Inference*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Weldon, W. F. R. (1983) On certain correlated variations in *Carcinus moenas*. *Proceedings of the Royal Society of London*, 54: 318-329. Citado en: Ruse, M. & Travis, J. (2009) *Evolution: The First Four Billion Years*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Woodger, J. H. (1929) *Biological Principles: A Critical Study*. Nueva York: Harcourt Brace.

La evolución de la “belleza” según Richard Prum: tergiversando la selección sexual darwiniana

Juan Moreno Klemming, Profesor de Investigación del CSIC en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid

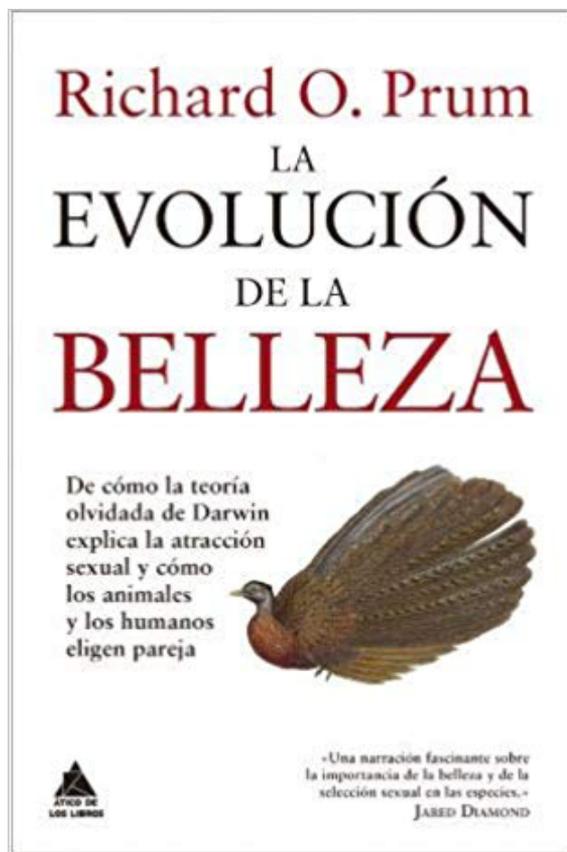
Una fórmula imbatible para atraer la atención del gran público y de los medios cuando se trata cualquier tema biológico es combinar los términos “belleza”, “sexo” o “atractivo” en título y contraportada además de en contenido, imitando a los autores de “best-sellers” que mantienen la atención vacilante de los lectores con regularmente distribuidas descripciones de actividades eróticas. Si además combina sabrosas menciones de sexualidad animal y humana con reconfortantes lecciones morales a extraer del variopinto mundo animal, la fórmula puede conducir al divulgador de turno a los premios más cotizados de la prensa e incluso a competir nada menos que por el Pulitzer. Con su libro “La Evolución de la belleza: de cómo la teo-

ría olvidada de Darwin explica la atracción sexual y cómo los animales y los humanos eligen pareja”, recién publicado en español, el reputado biólogo evolucionista Richard Prum ha conseguido deleitar a los periodistas y lectores de divulgación científica con un voluminoso aspirante a “best-seller” que incluye la belleza, la atracción sexual, la elección de pareja, el atractivo, la estética, la sexualidad y los roles de género entre sus dos portadas. Si la acogida de la obra entre el gran público ha sido entusiasta debido a una estudiada combinación de historia natural y principios feministas, la mayoría de los científicos evolucionistas conocedores de la temática tratada han reaccionado con disgusto y rechazo a esta mezcla de tergiversaciones históricas,

arrogantes críticas y pseudoexplicaciones de una de las expresiones más fascinantes de la evolución biológica. Veamos en detalle como Prum confunde, ridiculiza y manipula para convencer a sus lectores de que la selección sexual darwiniana conduce a lo que denomina “la belleza que sucede” (‘beauty happens’).

Definición confusa

Prum insiste a lo largo de toda la obra en que está describiendo cómo evoluciona algo que denomina “belleza” pero en ningún momento ofrece una definición precisa del término. Apabulla al lector con la descripción del colorido, el diseño, los movimientos exhibidos y algo menos de los sonidos emitidos por sus organismos favoritos, las aves, descripciones que recuerdan en muchos casos a las propias de Darwin en su monumental obra de 1871, “El origen del hombre”. Prum es un ornitólogo reconocido que parece olvidar en ocasiones que debe mencionar a otros taxones animales. Lo que describe son fenómenos asociados al cortejo de las aves, es decir a aquello que ejerce una atracción para inducir a individuos del sexo contrario a aparearse con el individuo que exhibe, ejecuta o emite las señales de cortejo. En definitiva está describiendo el atractivo de los machos de las aves o en algunos casos también de las hembras. Hay fenómenos naturales que sentimos como



bellos que no tienen nada que ver con el atractivo sexual, como la visión de un arco iris o una puesta de sol, o la audición de una pieza de música. Por otro lado hay fenómenos asociados al atractivo sexual que difícilmente definiríamos como bellos. La grotesca nariz del mono de proboscis o los larguísimos apéndices con ojos en su extremo de ciertas moscas son sin duda atractivos para las hembras de su especie pero no serían definidos como bellos

por la mayoría de observadores humanos. Mucha atracción sexual se basa en el olfato, un sentido excluido de la mayoría de nuestras definiciones de belleza. Las atractivas pieles de muchos felinos que casi han conducido a sus portadores a la extinción no tienen nada que ver con la selección sexual, igual que las llamativas combinaciones de colores de muchas orugas. Muchas expresiones vocales o instrumentales del cortejo son todo menos bellas, como el insistente sonido de cortejo de las cigarras. En definitiva, no todo lo que consideramos bello tiene que ver con la sexualidad animal ni todos los fenómenos de atracción sexual se expresan como belleza. Definir lo que los humanos consideramos bello es muy difícil, y más lo es explicar por qué ciertos fenómenos producen esa sensación de belleza. Mezclar las sensaciones de belleza con las expresiones promovidas por selección sexual no contribuye desde luego a aclarar ni la evolución de la estética en los humanos ni la evolución por selección sexual. Una definición más ajustada al tema tratado hubiera sido describir la evolución del atractivo en las aves y en los humanos, los dos taxones tratados casi en exclusividad en esta obra. Michael Ryan, en una obra reciente más honesta sobre una temática similar, se ha dejado llevar por la pulsión a mencionar la belleza pero ha añadido un subtítulo mucho más ajustado como es “la evolución de la

atracción”. A la postre, ¿qué sabemos de lo que los animales no humanos consideran bello más allá de que se sientan atraídos por ciertas expresiones y rasgos de individuos del sexo opuesto? También las pulsiones de muchos humanos sustentan a la industria pornográfica sin que muchas de sus expresiones puedan ser consideradas necesariamente bellas. Atracción sexual y belleza son cosas distintas que Prum mezcla sin control.

Tergiversación de un debate

Prum se basa en la extensa obra histórica de Helena Cronin “The Ant and the Peacock” (1991) para describir tanto la obra de Darwin como el debate que mantuvo con su colega Alfred R. Wallace en las postrimerías del siglo XIX. Cronin utilizó una descripción anacrónica de dicho debate y sustentó en ella su enunciado de la teoría de Darwin sobre la selección sexual de rasgos exagerados de atractivo en los machos para atraer a las hembras. Darwin no defendía en su obra la evolución de rasgos arbitrarios en los machos por selección de hembras atraídas por manifestaciones exageradas (supuestamente “bellas”), sino la mera posibilidad de que las hembras pudieran haber favorecido mediante sus preferencias sexuales la evolución de dichos rasgos exagerados cuyas expresiones en algunos casos podían ser considerados bellos por observadores humanos. Dicha posibili-

dad era rechazada categóricamente por la mayoría de sus colegas, entre ellos Wallace, que daban explicaciones alternativas a la evolución de dichos rasgos. Darwin no contemplaba dichos fenómenos desde el punto de vista de un siglo después de si eran expresión de un escape fisheriano y por tanto arbitrarios o de si eran indicadores de calidad en los machos. Simplemente quería explicar dichos rasgos como resultado de la elección de las hembras, posibilidad que era sistemáticamente negada por sus contemporáneos. La visión anacrónica de Cronin ha influido en la insistencia de Prum en arrogarse ser el verdadero darwinista en el debate actual sobre las raíces evolutivas de la selección sexual. Yo he descrito en detalle (Moreno 2013) la falsedad de la descripción del debate Darwin-Wallace como un adelanto del debate de las postrimerías del siglo XX sobre la dicotomía escape-indicadores, dicotomía por otro lado falsa como describo en dicha obra. La prueba son las numerosas citas del texto de Darwin que asocian expresión de rasgos atractivos con vigor y condición física de los machos. Cronin desprecia dichas expresiones de Darwin como producto de confusión en su mente, pero es Cronin la que está confundida, y con ello Prum, que no parece haber leído en detalle el texto que tanto alaba. La prueba más clara de que para Darwin el atractivo no estaba dissociado del vigor es su teoría sobre la se-

lección sexual en especies monógamas de aves. Los machos más vigorosos llegarían antes a sus territorios de cría que los más débiles y exhibirían su condición ante las hembras más tempranas y por tanto más vigorosas con sus rasgos de atractivo. Las mejores hembras se aparearían con los machos más atractivos y tendrían más descendencia, lo que perpetuaría los rasgos de atractivo. Y el propio Ronald Fisher, cuyo modelo teórico de escape (“run-away”) es la base del modelo de Prum de la “belleza que sucede”, explica cómo la selección sexual en esos casos se sustenta en el vigor de los machos.

Pero no solo el debate Darwin-Wallace está tergiversado en la obra de Prum, sino el propio desarrollo de la disciplina en el siglo XX es falseado para crear en el lector la impresión de que el autor pertenece a una corriente heterodoxa (y por tanto heroica), que ha tenido que combatir la incompreensión de los detentadores de la ortodoxia. Cuando inicié mi carrera científica en la Universidad de Uppsala en la década de los 80, la ortodoxia en el tema de la selección sexual era la de los “elegantes” modelos de Russell Lande y Mark Kirkpatrick que mostraban como la teoría del escape de Fisher podía funcionar siempre que las hembras no pagaran costes por ser selectivas (costes que luego se han demostrado inevitables). La idea del hándicap de Amotz Zahavi era sistemáticamente ridiculizada de la misma

manera que lo hace Prum tres décadas después. De hecho fue Zahavi el valiente que se enfrentó a la ortodoxia fisheriana con sus argumentos sobre la señalización honesta de rasgos atractivos. Hasta 1990 en que Alan Grafen sustentó matemáticamente la idea del hándicap, la ortodoxia era la de Prum. Y aún hoy, la teoría del escape dista mucho de ser tan heterodoxa como Prum pretende. De hecho se ha incorporado a modelos de indicadores en una síntesis con la que seguramente Darwin hubiera estado muy de acuerdo. Como la exageración fisheriana del escape conduce antes o después a costes de exhibición en los machos y de elección en las hembras (nada sale gratis en la naturaleza), los rasgos exagerados terminan por ser buenos indicadores de vigor y condición lo que conduce a ventajas de elegir en las hembras más allá de producir hijos atractivos. La exageración sucede como predica Prum, pero se sustenta en lo que indica sobre calidad heredable o ventajas directas para las hembras. O al menos eso es lo que proponen los modelos tan denostados en su obra. En conclusión, ni la “belleza que sucede” es tan heterodoxa actualmente (y fue la ortodoxia hasta 1990) ni se sustenta realmente en lo que quería decir Darwin en su obra. El que quiera comprobar este aserto debe revisar la bibliografía desde Darwin sin anacronismos ni sesgos de memoria. Prum no parece haber tenido tiempo para ello.

El falso modelo nulo

No solo la interpretación histórica de los debates está mal fundamentada en la obra sino que ni la verdadera teoría de Fisher sobre escape está bien explicada. Y ello conduce a confusiones y equívocos a lo largo de sus páginas. Los rasgos atractivos solo lo son si el individuo portador está en perfecto estado de salud y en óptima condición. Es decir, las hembras seleccionan a la mejor expresión del rasgo y ello conlleva inevitablemente que seleccionen a los machos en mejor condición, aunque los rasgos nos parezcan exagerados o absurdos a los observadores humanos (o “bellos” como prefiere Prum). Cualquier visita a colecciones zoológicas con deficiente estado de mantenimiento de los especímenes exhibidos puede mostrar cuáles rasgos son los que mejor muestran deterioros en condición o salud. Una simple ojeada a los ornamentos sexuales de los machos muestra su mal estado, sin necesitar esos análisis veterinarios exhaustivos con los que Prum ridiculiza los modelos de indicadores. La “belleza” tiene que tener un sustrato en vigor y salud y no se puede falsificar como parece creer Prum. William Hamilton, en su defensa del atractivo como expresión de salud, planteaba un interesante experimento mental. ¿Y si pudiéramos observar a los organismo parásitos que conviven con cualquier animal con anteojos especiales? Seguramente veríamos inmensas cantidades de parási-

tos, desde virus y bacterias a helmintos y artrópodos, pululando por los tejidos de cualquier ejemplar de cualquier especie. Entonces podríamos relacionar esas cargas de parásitos con los rasgos morfológicos y de conducta. Hamilton apostaba a que la expresión de los ornamentos sexuales estaría estrechamente relacionada con la carga parasitaria. El mundo de la “belleza que sucede” es un mundo extraño donde los animales pueden expresar su atractivo sin restricciones del ambiente, donde todos disfrutan de alimento abundante y de un sistema inmune imbatible. Es el extraño mundo de los rasgos arbitrarios de atractivo. Quizás a Prum le hubieran venido bien los anteojos de Hamilton para entender lo que estaba predicando. O simplemente visitar un zoológico.

Por ello su propuesta de que deberíamos considerar al modelo de escape como modelo nulo no solo muestra su desconocimiento estadístico sino su incompreensión de lo que la teoría que propugna presupone. El modelo de escape sobre evolución de rasgos de atractivo desligados de condición (el de la “belleza que sucede”) implica que las hembras no pagan costes por ser selectivas, que la expresión diferencial en los machos solo está asociada a sus genes de atractivo y no a su condición, y que los machos competidores no intervienen en el proceso de cortejo. El primer supuesto es muy difícil de sostener si las hembras

deben invertir tiempo y energía en muestrear el plantel local de machos y si además con ello se exponen a depredación. Si la expresión de los genes de atractivo en los machos se ve coartada por la alimentación y los ubicuos parásitos, los rasgos dejan de ser arbitrarios para ser indicadores. Finalmente, como Fisher reconoció y Darwin mencionó, los machos competidores deben prestar escasa atención a las señales arbitrarias de sus rivales. Cualquier propensión genética a dejarte engañar por rasgos exagerados desligados de condición es necesariamente castigada por selección sexual en los competidores. Y muchos cortejos animales se realizan en presencia de competidores escépticos. Un modelo tan cargado de supuestos difíciles de cumplir no puede bajo ningún concepto ser reconocido como modelo nulo.

Falacia naturalista

Pero lo peor es que el libro de Prum es un ejemplo magnífico de la falacia naturalista en acción. Como ya señaló el filósofo David Hume hace siglos, describir un fenómeno no es decir nada sobre su valor moral o prescriptivo. La mayoría de las manifestaciones de la naturaleza son moralmente neutras, o mejor dicho amorales. La gravedad o la física de partículas no tienen ninguna lección que ofrecer a nuestras sociedades, pero tampoco la selección sexual. Si encontramos algún fenómeno natural que

nos parece moralmente interesante, no lo es porque sea natural. Prum ha encontrado mensajes feministas en la vida sexual de las aves y extrae consecuencias sobre las oportunidades que ello ofrece para el desarrollo de nuestras sociedades. Y para ello se sustenta en que son procesos naturales los que está describiendo y que la naturaleza (al menos de las aves) puede ser feminista. Muchos críticos le han rebatido que hay muchos fenómenos naturales en la vida de las aves y de otros organismos que son moralmente repugnantes y que si él ha escogido el mensaje feminista de procesos cuidadosamente seleccionados, otros podrían seguir su ejemplo y extraer lecciones de signo opuesto de otras observaciones. El propio Prum describe las violaciones grupales en anátidas, fenómeno con escaso significado feminista. Y qué decir de la moral del infanticidio, del cainismo, del parasitismo de puesta, de la violencia territorial y de muchos otros fenómenos descritos en las aves (por no mencionar la vida implacable de la mayoría de los organismos). Si falazmente extraemos lecciones reconfortantes de algunos fenómenos, otros observadores pueden deducir otras (los nazis extrajeron lecciones de signo opuesto de la vida animal). Embarcarse alegremente en la falacia naturalista en base a unos resultados supuestamente feministas es un camino que puede llevar al desastre. El feminismo no necesita ayuda de la biología evolutiva para

defender la igualdad social entre hombres y mujeres. Si las mujeres quieren equipararse socialmente a los hombres, ello es en sí mismo un fenómeno natural que no tiene por qué apoyarse en la historia natural de otros organismos. Tan natural como la vida misma. Cuidado con argumentos morales sobre lo que es natural o deja de serlo, aunque los periodistas estén encantados con unas cuantas y seleccionadas lecciones morales de la naturaleza para reconfortar los ánimos de sus lectores.

Difamando al discrepante

Pero lo más desquiciante de la obra de Prum es su intento por manchar al discrepante con la gruesa brocha de la eugenesia. Colgar etiquetas políticamente mal vistas a los contrincantes científicos fue la táctica de Trofim Lysenko para conseguir acaparar recursos científicos para sus ideas lamarckistas a costa de sus rivales darwinistas, los genetistas rusos de la época de Stalin. Lysenko atacó a genetistas brillantes como Nikolai Vavílov como traidores al socialismo, defensores del imperialismo y otras lindezas, atrayendo la ira letal de Stalin sobre ellos. Aunque corren otros tiempos, Prum utiliza un lysenkoismo de baja intensidad para manchar a los partidarios de los modelos de indicadores (la mayoría de sus colegas actualmente). Para ello utiliza el término de “eugenesia”, una idea actualmente desacreditada por su utiliza-

ción por la ideología nazi para “purificar la raza aria”. A principios del siglo XX, el descubrimiento de la genética llevó a personas influyentes de diverso signo político a proponer que la sociedad debería primar la reproducción de los más aventajados y desincentivarla en los individuos más retardados. Las ventajas y retrasos eran definidos de diversa forma por sus partidarios. Así por ejemplo el izquierdista Wallace proponía una eugenesia basada en los criterios femeninos de elección de pareja, mientras el conservador Fisher prefería favorecer la reproducción (mediante incentivos fiscales) de los más inteligentes. Dada cierta tendencia humana a la xenofobia, de favorecer la reproducción de individuos concretos se pasó a la de grupos humanos enteros y de allí a la eliminación de otros en su versión nazi. La falacia naturalista también influyó en sus principios pues la eugenesia se presentaba como un intento de imitar a la selección natural (o sexual). Dada la historia de las ideas eugenésicas, relacionar a éstas con los modelos de selección de rasgos indicadores por elección femenina solo puede ser evidencia de mala fe y ganas de enfrentar a colegas discrepantes con la opinión pública. Es una vez más la falacia naturalista utilizada ahora para combatir a los adversarios. Si la selección sexual ha favorecido rasgos indicadores de vigor o condición en los organismos, ello

no debería influir en nuestras sociedades igual que no influye la física de partículas. Como han señalado algunos críticos, ¿qué diría Prum de una eugenesia basada en favorecer la reproducción de los “bellos” o de los feministas? La deriva de Prum hacia la falacia naturalista le arrastra a la difamación política de sus adversarios.

En resumen, la obra de Prum sobre la evolución de la belleza mezcla definiciones confusas, tergiversaciones históricas, chovinismo taxonómico, propuestas sesgadas, falacia naturalista y difamación de los discrepantes. Es curioso que casi obtuviera el Pulitzer.

Referencias:

- Cronin, H. 1991. *The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Darwin, C. 1871. *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. John Murray, London.
- Hamilton, W. D. 1997. *Narrow Roads of Geneland: The Collected Papers of W. D. Hamilton. Vol. 2: The Evolution of Sex*. Oxford University Press, Oxford.
- Moreno, J. 2013. *Evolución por selección sexual según Darwin: La vigencia de una idea*. Editorial Síntesis, Madrid.
- Prum, R. 2019. *La Evolución de la belleza: de cómo la teoría olvidada de Darwin explica la atracción sexual y cómo los animales y los humanos eligen pareja*. Atico de los libros.
- Ryan, M. 2018. *A taste for the beautiful: The Evolution of Attraction*. Princeton University Press, Princeton. **SB**

Interview with Martin Embley

on the occasion on the EMBO workshop on Comparative Genomics of Microbial Eukaryotes

Toni Gabaldón, ICREA Research Professor at the Barcelona Supercomputing Centre (BSC-CNS), and the Institute for Research in Biomedicine (IRB). He is also president of SESBE

Martin Embley is Professor of Molecular Evolutionary Biology at Newcastle University (UK). He obtained his PhD in Microbiology from the University of Newcastle and then taught for 8 years before joining the Natural History Museum in London as a research scientist. Martin Embley has made outstanding contributions on the evolution of eukaryotic cells, their genomes and organelles related to mitochondria, using anaerobic and parasitic eukaryotes including *Entamoeba*, *Giardia*, *Trichomonas*, and microsporidia, as model organisms.

Prof. Embley was invited as the keynote speaker of the biannual EMBO workshop on Comparative Genomics of Microbial Eukaryotes at Sant Feliu de Guixols

(Spain), which gathered dozens of experts on this topic. As I was attending the meeting, I took the opportunity to interview him for eVOLUCIÓN, as I think he is a prime example of an evolutionary researcher who has taken unexplored roads to dig into some of the most fundamental questions in evolutionary biology.

Q - When and why you decided to focus your research on anaerobic unicellular eukaryotes?

R - The Museum hired me to help to set up a new DNA lab and to carry out my own research on the early evolution of eukaryotic cells. At the time two ideas were central to views of early eukaryotic evolution. One was that the “three do-



Martin Embley at the EMBO workshop

mains tree of life” was an accurate description of the relationships between eukaryotes and prokaryotes. The other was that some eukaryotes, including anaerobic parasites like *Giardia* and *Trichomonas* and obligate intracellular Microsporidia pathogens, never had mitochondria because they split from other eukaryotes before the mitochondrial endosymbiosis. I’ve been trying to test these two ideas for the past 25 years and while it’s often

been difficult and frustrating, it has also been a lot of fun.

Q - You have worked extensively on microsporidians, what makes these intracellular fungal pathogens interesting?

R - Microsporidia are obligate intracellular parasites with highly-reduced genomes that have lost many of the metabolic

pathways typical of other eukaryotes. This makes them fascinating and valuable models for identifying the essential features of eukaryotes that cannot be lost. When I first started working on Microsporidia in the 1990s, they were thought to be early branching eukaryotes that never had mitochondria, and we spent a lot of time in testing that hypothesis. We were able to demonstrate that Microsporidia contained genes of mitochondrial ancestry and provided some of the first evidence that trees placing them deep were caused by the use of overly-simple phylogenetic models. In trees that we made using better models the Microsporidia grouped with fungi, a relationship that is now widely accepted. In 2002 we showed that Microsporidia actually contain a tiny highly reduced mitochondrion, now often called a mitosome. Unlike classic mitochondria, the Microsporidia mitosome doesn't make ATP, because it has lost all of the mitochondrial pathways for energy production. In collaboration with Roland Lill in Germany we next demonstrated that the mitosome is part of the pathway for making essential cytosolic and nuclear iron/sulphur (Fe/S) proteins. The discovery of a tiny mitochondrion in Microsporidia was an important piece of evidence supporting current ideas that the mitochondrial endosymbiosis occurred much earlier in eukaryotic evolution than previously thought. It also

supports the idea that a role in Fe/S protein biogenesis is one of the most conserved functions for mitochondria.

Q - Many anaerobic eukaryotes have secondarily adapted to anaerobiosis, what convergent patterns are commonly underlying the transition to anaerobiosis?

R - In our own work we have largely studied the effects of an anaerobic or obligate parasitic lifestyle on the biology of the mitochondria of microbial eukaryotes. Organelle genome reduction or loss appears to be commonplace among anaerobic species in response to life under low oxygen conditions, presumably because of the absence of oxygen to serve as a terminal electron acceptor. Some of these species have recruited hydrogenase, potentially via LGT, to the organelle (becoming a hydrogenosome) where it contributes to maintaining redox balance by making hydrogen. Among anaerobes that have retained a mitochondrial genome (e.g. among anaerobic ciliates) it mainly encodes proteins for complex I and the small and large RNAs needed for mitochondrial ribosomes.

Q - How would you describe the impact of lateral gene transfer in the evolution of microbial eukaryotes?



Martin Embley being interviewed by Tony Gabaldón

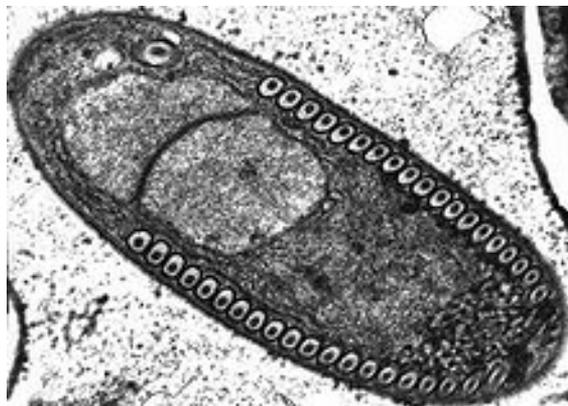
R - I think that it is now apparent from genome analyses that LGT is an important process affecting microbial eukaryotes, particularly via homologous replacement of individual genes in core metabolic pathways like sugar and amino acid metabolism. It is also clear that LGT can sometimes provide genes of adaptive significance. For example, Microsporidia cannot make the ATP and nucleotides that they need to grow and replicate, and so they

are completely dependent on importing these substrates from infected host cells. To do this they use surface-located nucleotide transport proteins acquired by LGT from Bacteria. To investigate this case further, we have used ancestral gene reconstruction to infer the sequence of the transferred gene at the origin of Microsporidia and we characterised its transport properties. We also characterised the contemporary transporters that are now pre-

sent in multiple copies in all Microsporidia genomes. The results suggest that the acquired transporter provided the common ancestor of Microsporidia with the ability to steal ATP from other eukaryotic cells and become an energy parasite. Subsequent gene duplication events provided the raw material to evolve new substrate specificities and transport mechanisms, including the net import of nucleotides required for synthesis. The combination of LGT and gene duplication has thus provided Microsporidia, an enormously successful group of obligate intracellular parasites of animals including humans, with the tools to exploit host cells for the energy and purine nucleotides they require to complete their intracellular lifecycle.

Q - A few years ago you wrote a paper entitled “Changing ideas on eukaryotic origins”. How far do you think we are from having a satisfactory model for this important evolutionary transition?

R - I think that significant progress has been made over the past 20 years, but reconstructing what might have happened billions of years ago is always going to be very difficult. Sampling of the relevant extant microbial diversity is sparse, so that inferences of ancestral states are often very uncertain. Nevertheless, the discovery of new Archaea which appear to more clo-



A spore

sely related to eukaryotes is very exciting. It suggests that it might be possible to target the isolation of ever closer relatives of eukaryotes and to study their genomes and proteomes in detail. It will also be important to obtain cultured representatives of the new “Archaea” so that the functions of proteins that were previously thought to be eukaryotic specific can be investigated in the context of prokaryotic cells. Such studies could provide more reliable inferences of the features that were in place in the last common ancestor of both groups and hence an improved evidence-based understanding of the building blocks that were already in place during the transition from prokaryotic to eukaryotic cells.

Q - What has been the most surprising finding in your scientific career?

R - I think it was our work that helped to replace the three-domains tree of life

with a new two- domains tree. In the three-domains tree of life, eukaryotes are a separate domain that is most closely related to the domain Archaea and the host for the mitochondrial endosymbiont is already a eukaryote. Although this hypothesis appears in most textbooks, there have actually been a number of alternative hypotheses published over the years, but these have largely been ignored. We spent three years analyzing molecular sequence data to identify which of the competing published hypotheses was best supported and reached the surprising conclusion that it was not the three-domains tree, but an alternative two-domains tree consistent with the 1992 version of James Lake's "eocyte hypothesis". In the two-domains tree, eukaryotes originate from within the Archaea, suggesting that eukaryotes are not a primary domain of life like Archaea and Bacteria. We were very excited by these results, but it was very difficult to get them published in the most prestigious journals. However, after hearing me talk about the work at a meeting, we were invited to submit to PNAS where it was eventually published in 2008. Although the initial response to the paper was very mixed, subsequent analyses, including the discovery of the Asgard archaea, have now established the two-domains tree as the best-supported hypothesis.

Q - What is the next frontier in the study of microbial eukaryotes?

R - The diversity of small microbial eukaryotes in nature is likely enormous, their roles and importance in nature are often poorly understood, particularly in anaerobic habitats, and we have isolated and studied very few in any great detail, even among relatively well-known groups. Many of these species will also contain prokaryotic symbionts where the functional basis and ecological importance of the host/symbiont consortia is unknown. Studies on the mitochondria of anaerobic microbial eukaryotes by many laboratories, has already shown that mitochondria are much more diverse in form and function than was previously appreciated from work on model organisms. I think that there is a lot of new eukaryotic biology still to be discovered in the microbial realm.

Q - You have been recently elected Fellow of the Royal Society, what does this achievement mean to you?

R - I was surprised but delighted to be elected, it is always nice to receive an unexpected honor from other scientists, and my family attended the ceremony, which made it extra special for me. It also recognizes the work of lots of other people over many years. In my experience,

science is social and collaborative and I think that it is always important to recognize that.

Q - What would you recommend to a young scientist that is now starting a career in evolutionary biology?

R - I would encourage anyone to be a scientist studying evolutionary biology

because it is a wonderful career. I'd also say that it is important to try and investigate questions of general interest so that your work will have an impact. All science done properly takes a long time, so before starting a project it is useful to ask oneself the question "who else will care about the results". If the answer is no-one then it is probably better to carry on thinking of another question to tackle. **SB**



EVOKE una red para la educación y la divulgación de las ideas evolutivas

Xana Sá-Pinto, investigadora del centro de didáctica y tecnologías para la formación de profesores en la Universidad de Aveiro y miembro del Comité Organizador de EVOKE, y Emilio Rolán-Alvarez es Catedrático de Genética en la Universidad de Vigo y miembro de EVOKE en España

La teoría de la evolución es una de las teorías claves en la ciencia actual, al igual que la teoría de la relatividad o las leyes de la termodinámica (Sober 2000; Moste-rín 2006). Sin embargo, se ha constatado en diferentes estudios la existencia de un problema social bastante general de aceptación de las teorías evolutivas en buena parte de los países definidos como industrializados y modernos (Miller *et al.* 2006; Prinou *et al.* 2008; Rufo *et al.* 2013; Smith *et al.* 2016). Si bien es cierto que en la mayoría de países europeos existe una buena masa crítica de investigadores y docentes expertos en evolución en universidades y centros de investigación, también lo es que en la educación preuniversitaria e incluso

universitaria en alguno de estos países los aspectos principales de dicha teoría se han relegado a un segundo plano, cuando no a un cierto olvido (Vázquez-Ben y Bugallo-Rodríguez, 2018). En otras ocasiones, el problema es más bien de una incorrecta priorización de los contenidos, pues los temarios aprobados en el curriculum son tan extensos que dejan a criterio del profesor la elección de los contenidos a incorporar de forma efectiva durante las clases, pudiendo causar una exposición de mínimos del temario relacionado con la teoría evolutiva. Todavía más preocupante es el déficit existente en relación al esfuerzo de divulgación, tanto desde la academia o institutos de investigación como desde la empresa o

incluso los medios de comunicación rara vez se observa un esfuerzo serio y continuado por difundir aspectos sobre la ciencia o la evolución. Por supuesto que hay excepciones, pero muchos seguramente estaremos de acuerdo en que llevamos años descuidando una buena formación de nuestros ciudadanos en un aspecto tan básico para la comprensión de la naturaleza que nos rodea, la cual también incluye a nuestra propia especie.

A conclusiones similares llegaron cinco investigadoras y profesoras de diferentes países: Héloïse D. Dufour (Cercle Schlumberger Foundation for Education and Research, Paris, Francia), Kristin Jenkins (National Evolutionary Synthesis Center, Carolina del Norte, USA), Inga Ubben (Department of Biology Education at Humboldt-Universität zu Berlin, Alemania), Tania Jenkins (musée de Zoologie in Lausanne, Switzerland) y Xana Sá-Pinto (Centro de Investigação em Didática e Tecnologias na Formação de Formadores, Universidade de Aveiro, Portugal). Este grupo se dio cuenta de que hacía falta canalizar todos los esfuerzos de educación y divulgación sobre la evolución en una nueva organización, más transversal, que permitiera un contacto más fluido entre todos los elementos que contribuyen al sistema educativo, de investigación y de divulgación. De esta idea surgió EVOKE, una red interdisciplinar internacional, construida con ánimo

de incorporar a expertos en investigación y en educación sobre la evolución, comunicadores científicos, profesores, periodistas especializados en temas científicos, responsables de Museos, filósofos e incluso artistas. EVOKE echo andar como organización en un primer congreso realizado en Porto en 2017, en el que participaron unas 100 personas de más de 15 países diferentes, y finalmente se formalizó en el segundo Congreso realizado en Split en septiembre de 2019. En ambos participó una comunidad muy variada con un mismo objetivo, ensalzar las bondades de la teoría evolutiva y la ciencia en nuestra sociedad. Una de las primeras decisiones de la comunidad EVOKE fue crear un portal WEB para difundir las actividades de la organización, así como difundir en un futuro herramientas y conocimientos relacionados con la teoría evolutiva. La otra gran decisión es mantener un congreso bianual de la organización, el último realizado en Split, Croacia el 29 de septiembre de 2019. Sin embargo, EVOKE es una organización que aspira a existir independientemente de cualquier contexto favorable o no de financiación. De hecho, la idea es que EVOKE se sustente, por una parte en personal funcionario o contratado más o menos estable del ámbito académico o divulgativo, y por otra parte de la ayuda desinteresada de voluntarios desde diferentes ámbitos de nuestra sociedad.

La red EVOKE está en estos momentos en un proceso de reorganización, tratando de crear sus propias estructuras, formadas por personal comprometido e independiente, organizándose en diferentes grupos de trabajo con el fin de alcanzar sus diferentes objetivos. Los primeros estatutos legales de EVOKE se aprobaron en el Congreso de Split, pues una vez cumplidos los requisitos legales de cualquier ONG, aspira a obtener financiación europea por sí misma o bien por medio de sus sucursales nacionales. La red EVOKE pretende ser una red complementaria a las Sociedades Evolutivas europeas modernas, de hecho EVOKE se coordina con la *European Society of Evolutionary Biology* (ESEB) desde sus inicios. No obstante, presenta algunas diferencias en su estructura respecto a la mayoría de sociedades evolutivas. Por ejemplo, inscribirse y ser miembro de la misma no lleva asociado ningún coste, simplemente trata de captar como miembros a todas las personas interesadas en colaborar de forma voluntaria y altruista con los objetivos planteados y planificados por sus miembros y facilitar una rápida diseminación de las noticias relacionadas con el mundo de la Evolución en nuestras sociedades. En la actualidad el comité organizador de EVOKE está formado por 6 personas, incluyendo a tres de sus fundadoras (ver), y hasta el momento forman parte de dicha comunidad más de 400 miembros de 46 países. Estos

números podrían crecer y hacer de EVOKE una futura red, interesante para cohesionar y coordinar a todos los fans (profesionales o no) de la teoría de la Evolución. Otra gran ventaja potencial de EVOKE es la posibilidad de que en una comunidad tan multidisciplinar surjan iniciativas que aúnen esfuerzos o coordinen actuaciones desde perspectivas muy diferentes (educación, ciencia, filosofía, periodismo, arte, etc.). Actualmente, EVOKE está eligiendo a los representantes nacionales de los distintos países que son los que en el futuro conectarán con las diferentes organizaciones sociales gubernamentales o privadas nacionales. El representante español actual de la red EVOKE es Roberto Torres (Director Creativo de La Asociación de Divulgación Científica “La Ciència Al Teu Món”). Un ejemplo de éxito logrado por EVOKE fue que de su seno surgió la red de investigación [EuroScitizen](#) financiada recientemente a cargo de fondos europeos (EU funded COST action de 2018). EuroScitizen no es EVOKE, pero comparte algunos de sus objetivos y de su personal. Otro de los objetivos de EVOKE es aumentar el grado de participación en su red a escala europea, y para ello este artículo forma parte de dicha estrategia, de hecho lector, si tienes interés en participar no tienes más que apuntarte en esta dirección

Que EVOKE se quede en sólo otro intento de conectar el mundo científico y

académico con nuestra Sociedad o una realidad con cierta influencia, a tener en cuenta en un futuro cercano, dependerá de las acciones que logren coordinar y desarrollar sus miembros en los próximos años.

Referencias:

- Miller, J.D. Scott, E.C. and S. Okamoto. 2006. Public acceptance of Evolution. *Science* 313: 765-766.
- Mosterín, J. 2006. *La naturaleza humana*. Austral, Espasa. Barcelona.
- Prinou, L., Halkia, L. y C. Skordoulis. 2008. What conceptions do Greek school students form about biological evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1: 312-317.
- Rufo, F., Capocasa, M., Marcari, V., D'arcangelo, E. y M.E. Danubio. 2013. Knowledge of evolution and human diversity: a study among high school students of Rome, Italy. *Evolution: Education and Outreach*, 6: 19.
- Smith, M.U., Snyder, S.W. y R.S. Devereaux. 2016. The GAENE-Generalized Acceptance of Evolution Evaluation: development of a new measure of evolution acceptance. *Journal of Research in Science Teaching*, 53: 1289-1315.
- Sober, E. 2000. *Philosophy of Biology*. Perseus Book Group, Oxford.
- Vázquez-Ben, L. y A. Bugallo-Rodríguez. 2018. El modelo de evolución biológica en el curriculum de educación primaria: Un análisis comparativo en distintos países. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15, 3101.
- Creath R., *Logical Empiricism*. En: Edward N. Zalta, *The Stanford
- Encyclopedia of Philosophy*(Otoño de 2017). Recuperado el 15/07/19 de:<https://plato.stanford.edu/entries/logical-empiricism/>.
- Nicholson, D. J. & Gawne, R. (2015) Joseph Henry Woodger. eLS. DOI: 10.1002/9780470015902.a0026117

Libros de la colección SESBE

Volumen 5. “La Evolución Biológica” de Antonio Fontdevila y Luis Serra

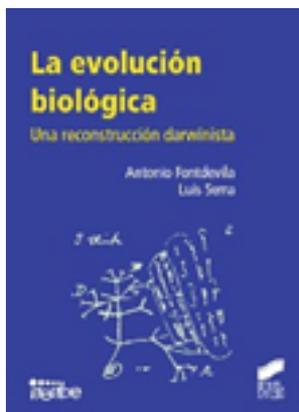
¡Nueva Oferta!

*25% de descuento al comprar el lote de cinco títulos 49€ por los
Volumenes 1 al 5*

Desde la formulación original de la Teoría de la Evolución por selección natural de Darwin, se han ido incorporando muchas ideas y conocimientos fruto de la investigación científica.

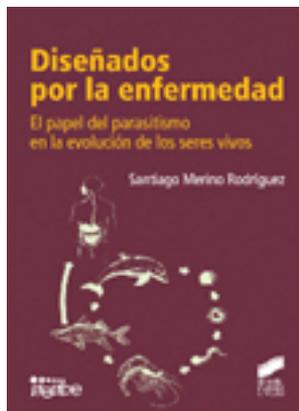
En esta obra se comentan estos nuevos avances con el objetivo de convencer al lector de que la evolución es un hecho irrefutable y que, en pleno siglo XXI, las ideas de Darwin continúan siendo imprescindibles para entender el proceso evolutivo.

En primer lugar, se explica por qué la evolución es observable y se describen los hechos que demuestran que ha ocurrido la evolución. A continuación



se hace un estudio actualizado de los mecanismos fundamentales del proceso evolutivo. Por último, se justifica por qué la evolución es una revolución biológica y conceptual. Muchos de los problemas planteados en la medicina, la alimentación o el cambio climático y otros de nuestra sociedad actual pueden entenderse mejor bajo el enfoque evolutivo. Pero, además, la evolución da respuesta a muchos de los interrogantes que nos planteamos sobre el significado de nuestra naturaleza humana.

Este libro lleva al lector el mensaje de la evolución biológica tal y como Darwin creemos que hubiera deseado desde la perspectiva actual. Nuestro conocimiento de la evolución biológica ha avanzado mucho pero la máxima darwinista de “descendencia con modificación” sigue siendo tan válida como cuando Darwin la formuló.



Volumen 4. Los parásitos, entendidos en un sentido amplio, incluyen seres tan distintos como virus o vertebrados y representan una de las formas de vida más extendidas en la naturaleza. Su influencia sobre los

seres vivos que les proporcionan sustento es, sin duda, enorme y han estado implicados en la evolución de todo tipo de estrategias defensivas para evitar el expolio al que someten a sus hospedadores.

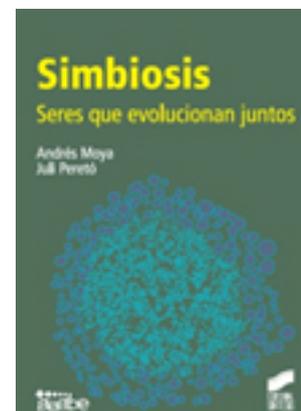
¿Por qué son tan abundantes los parásitos? ¿Quiénes son? ¿Qué influencia tienen sobre otros seres? ¿Hasta qué punto afectan a nuestra evolución? ¿Nos podemos librar definitivamente de ellos? Estas y otras preguntas se responden de manera sencilla en las páginas de *Diseñados por la Enfermedad*, lo que permite explicar a todos los públicos el poder de las enfermedades infecciosas y parasitarias en el desarrollo de la vida.

Volumen 3. Este libro trata sobre un fenómeno ubicuo en la Biosfera: la simbiosis (literalmente, vivir juntos). Gracias al estudio de los genomas de los seres que han unido sus destinos evolutivos, po-

demostramos conocer mejor el impacto de las simbiosis en la historia de la vida. Esta obra, dirigida a un público curioso e interesado por la ciencia, nos propone un viaje fascinante a través de las sim-

biosis y las transiciones principales durante el origen y evolución de las células eucarióticas: la transformación de bacterias endosimbiontes en orgánulos celulares, un fenómeno que quizá se esté produciendo ahora mismo en muchas simbiosis. La evolución reductiva observada en la minimización de los genomas de las bacterias simbiotas nos sirve de inspiración para determinar los requisitos mínimos para la vida celular. Esta es una información muy valiosa para la biología sintética, o el intento de fabricar una célula en un tubo de ensayo, un anhelo con profundas implicaciones científicas y filosóficas.

Volumen 2. La aceptación por parte de los etólogos de que el comportamiento, al igual que cualquier otra característica de los seres vivos, es el resultado de la evolución por selección natural supuso la implantación de un enfoque evolutivo que dio lugar al nacimiento de la llama-





da ecología del comportamiento, que se convirtió en una de las ciencias más importantes e influyentes de la biología evolutiva. El enfoque evolutivo de la ecología del comportamiento

también se ha trasladado al estudio de los seres humanos y ha aportado un aluvión de ideas que han supuesto, en muchos casos, soluciones que han iluminado el panorama intelectual. En *Adaptación del comportamiento: comprendiendo al animal humano*, segundo libro de la colección promocionada por SESBE, Manuel Soler revisa los temas más importantes relacionados con el comportamiento animal y, a continuación, aplica esos conocimientos al comportamiento humano. La negativa a que el comportamiento del ser humano sea estudiado desde el punto de vista evolutivo, como el del resto de los animales, no está justificada en absoluto, puesto que somos una especie de mamífero que está incluida en el grupo de los primates. Éste, el evolutivo, es el único enfoque científico posible que puede permitir que nos comprendamos mejor

a nosotros mismos. Es cierto que somos diferentes del resto de las especies, pero no porque nuestra inteligencia nos haya liberado de nuestros instintos –como han defendido habitualmente los filósofos a lo largo de la historia, sino porque nos permite rebelarnos contra ellos. Ver índice del libro.

Volumen 1.

En los últimos tiempos se ha propagado en los círculos científicos la idea de que la teoría de Darwin sobre evolución por selección natural ha perdido actualidad y vigencia,

y de que existen paradigmas alternativos más adecuados. En *Los retos actuales del darwinismo ¿Una teoría en crisis?*, Juan Moreno Klemming discute estos paradigmas y concluye que esta percepción no se basa en las últimas evidencias aportadas por la paleobiología, biología molecular y ecología resaltando la rabiosa actualidad del único mecanismo conocido que explica la adaptación de los seres vivos en nuestro planeta: el propuesto por Darwin hace 150 años. Ver índice del libro.



Volumen 1: 14 euros (40% de descuento) + gastos de envío= 20€, a abonar en la cuenta de la SESBE al hacer la solicitud

Volumen 2: 14 euros (40% de descuento) + gastos de envío= 20€, a abonar en la cuenta de la SESBE al hacer la solicitud

Volumen 3: 10 euros (40% de descuento) + gastos de envío= 16€, a abonar en la cuenta de la SESBE al hacer la solicitud

Volumen 4: 11 euros (40% de descuento) + gastos de envío= 17€, a abonar en la cuenta de la SESBE al hacer la solicitud

Volumen 5: 16 euros (40% de descuento) + gastos de envío= 22€, a abonar en la cuenta de la SESBE al hacer la solicitud

¡Nueva oferta!

Lote Volúmenes 1 al 5 (25% de descuento adicional) + gastos de envío = 55€, a abonar en la cuenta de la SESBE al hacer la solicitud

Pincha para más información

Cómo hacerse miembro de la SESBE...

Hacerse socio de la SESBE es muy sencillo, solo tienes que seguir los siguientes pasos:

- Rellena con tus datos personales el **formulario de inscripción** que se encuentra en la web de la SESBE: www.sesbe.org/ser-miembro/.

- Realiza el **pago de la cuota anual** de 15€ (socio estudiante) ó 30€ (socio regular) en la siguiente cuenta corriente de Bankia:

Número de cuenta: 2038 6166 21 3000095394

Código IBAN: IBAN ES33 2038 6166 2130 0009 5394

Código BIC (SWIFT): CAHMESMMXXX

- Una vez realizada la transferencia, **remitir el comprobante** de pago bancario por correo electrónico (escaneado-pdf) a la Secretaría Técnica de la SESBE:

secretaria.sesbe@kenes.com.

Una vez completado el trámite, nos pondremos en contacto contigo para confirmar que el proceso se ha realizado con éxito, activar tu cuenta y darte la bienvenida en nombre de la Junta Directiva.

**** Los nuevos miembros recibirán de regalo un libro de la colección SESBE de su elección (ver títulos en www.sesbe.org)****

Noticias y anuncios

VII Congreso de la SESBE en Sevilla

Juan Arroyo



La Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE) celebrará su VII congreso bianual en Sevilla, los días 5 al 7 de Febrero de 2020. El programa incluirá una serie de conferencias plenarias y ponencias invitadas muy relevantes, así como una serie de sesiones específicas que cubren un amplio espectro temático, en la que los participantes podrán contribuir, y una amplia sesión de carteles que cubrirá la mayor parte del congreso. Animamos a toda la comunidad interesada en la biología evolutiva a participar y especialmente a los investigadores más jóvenes, pre- y postdoctorales.

SESBE VII está diseñado como punto de encuentro de los miembros de la Sociedad Española de Biología Evolutiva, pero también para atraer a todos los profesionales (investigadores y profesores) especialistas y público interesado en Biología Evolutiva y campos

afines de cualquier país, con especial énfasis por los miembros de sociedades hermanas de otros países.

De esta forma, cada dos años compartimos experiencias y puntos de vista al tiempo que establecemos o reforzamos colaboraciones entre los participantes. Tenemos especial predilección por la participación de los miembros más jóvenes de SESBE e intentamos atraer a aquellos que aún no son miembros. Se ha procurado que la temática de SESBE VII sea amplia de forma que el congreso sea lo más inclusivo posible.

SESBE VII se celebrará en la Universidad de Sevilla, Campus de Reina Mercedes, Facultad de Biología (sede oficial, oficina de registro, sesión de paneles y otras) y Facultad de Matemáticas (conferencias y sesiones).

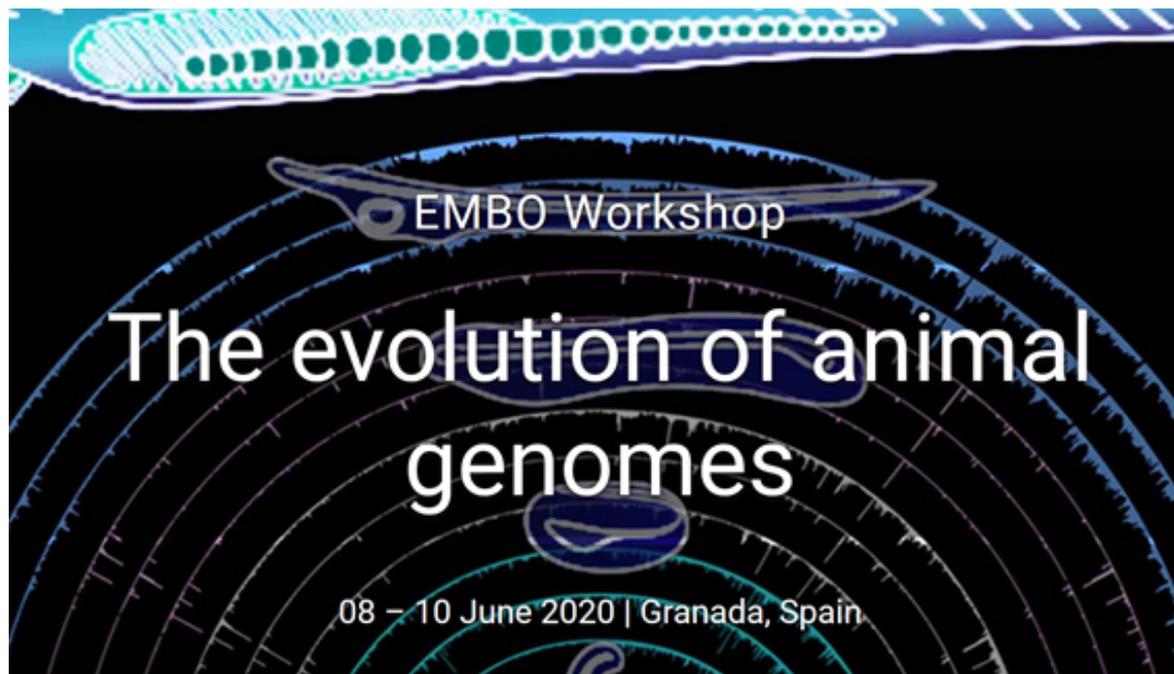
Comité Organizador:

- ◆ Conchita Alonso, Estación Biológica de Doñana-CSIC, conalo@ebd.csic.es
- ◆ Montserrat Arista, Universidad de Sevilla, marista@us.es
- ◆ Juan Arroyo, Universidad de Sevilla, arroyo@us.es
- ◆ Francisco Balao, Universidad de Sevilla, fbalao@us.es
- ◆ Marcial Escudero, Universidad de Sevilla, amesclir@gmail.com
- ◆ Iván Gómez-Mestre, Estación Biológica de Doñana-CSIC, igmestre@ebd.csic.es
- ◆ José Luis Gómez-Skarmeta, Centro Andaluz de Biología del Desarrollo, CABD-CSIC-UPO, jlgomska@upo.es
- ◆ Pedro Jordano, Estación Biológica de Doñana-CSIC, jordano@ebd.csic.es
- ◆ Xavier Picó, Estación Biológica de Doñana-CSIC, xpico@ebd.csic.es

Más información en SESBE2020.org

EMBO Workshop on The Evolution of Animal Genomes – 8-10 june 2020, Granada

Mutations are the ultimate source of genomic and phenotypic diversity. Such variation withstands the extraordinary capacity of animal species to adapt to distinct habitats and environmental conditions. The impact of genomic variability on species evolution is a matter that has fascinated but also puzzled the scientific community for decades, partly



due to technical limitations on the reconstruction and interpretation of entire genomes. With the advent of long-range sequencing and proximity-ligation methods, such as Hi-C, error-free chromosome-resolved genome assemblies are finally at hand. Such technological development, in combination with CRISPR/Cas genome engineering and single-cell approaches, has propelled the field of evolutionary genetics into an unprecedented era of discovery that leverages on massive information about genome sequence and its underlying function. As a result, novel mechanisms of gene regulation are steadily emer-

ging, supporting a transition from a classical gene-centered interpretation, to a multi-component approach that endorses the crucial role of non-coding regulatory sequences, 3D spatial organization or transposable elements in genome function. Thus, the so-called “Genomics Era” represents an ongoing conceptual and technological revolution that is central to understand developmental processes in the context of evolution.

This workshop will bring together internationally recognized scientists with distinct, but complementary, expertise in interpreting the effects of genomic variability. The combination of such aspects allows a comprehensive overview that goes from fundamental principles encoded in genomes to their ultimate biological significance on the formation of living, evolving organisms.

Poster and participants: http://meetings.embo.org/files/posters/1574948958_20-animal-genomes.pdf

- Registration Deadline: 27 March 2020
- Abstract Submission Deadline: 27 March 2020
- Chosen Participants Will Be Notified By: 1 April 2020
- Payment Deadline: 18 April 2020
- Registration fees are 275€ for students, 375€ for postdocs, 475€ for academics, and 775€ for industry.

****SESBE offers travel grants for members that wish to participate in the workshop****

SESBE members do not need to apply separately for travel grants for this event but should indicate on the registration form if they wish to be considered for a travel grant. Selection of awardees is handled directly by the SESBE board of directors and the workshop organizers.

XXIII Seminario de Genética de Poblaciones, Oviedo, 2020

El Área de Genética de la Universidad de Oviedo acogerá en Asturias el XXIII Seminario de Genética de Poblaciones y Evolución del 2 al 4 de Septiembre de 2020

Más información muy pronto en: <https://www.unioviado.es/xxiiisgpe/> o contactando con Prof. Yaisel. Juan Borrell Pichs, Departamento de Biología Funcional, Universidad de Oviedo, Oviedo 33006, Asturias, Tel: +34 661256251, 985102746;

borrellyaisel@uniovi.es

Próximos congresos de la European Society for Evolutionary Biology – ESEB

El próximo congreso bianual de la ESEB tendrá lugar del 22 al 27 de agosto de 2021 en Praga, República Checa y será organizado por Lukáš Kratochvíl.

More information here: <https://www.eseb2021.cz/>



¡Y ya podemos dar la noticia! En 2023, el congreso de la ESEB tendrá lugar en Barcelona, y será organizado por la SESBE.

Editores de eVOLUCIÓN:

José Martín y Pilar López

Diseño y maquetación: Xiomara Cantera

eVOLUCIÓN es el boletín bianual de la Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE).

Quedan reservados los derechos de la propiedad intelectual. Cualquier utilización de los contenidos de este boletín deberá ser solicitada previamente a la SESBE. La SESBE no comparte necesariamente todas las ideas y opiniones vertidas por los autores en sus artículos.

© 2019 SESBE
ISSN 1989-046X

Para enviar artículos a eVOLUCIÓN
contactar con:

José Martín y Pilar López
Museo Nacional de Ciencias Naturales
Calle José Gutiérrez Abascal 2
Madrid 28006

e-mail: jose.martin@mncn.csic.es,
pilar.lopez@mncn.csic.es

Sociedad Española de Biología
Evolutiva (SESBE)

Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
18071 Granada

Junta Directiva de la SESBE

Presidente:

Toni Gabaldón

Vicepresidente:

Cori Ramón

Secretario:

Borja Milá

Tesorero:

Andrés Barbosa

Vocales:

Inés Alvarez

Jordi García

Susanna Manrubia

Emilio Rolán

Juan Arroyo

Amparo Latorre

<http://www.sesbe.org>