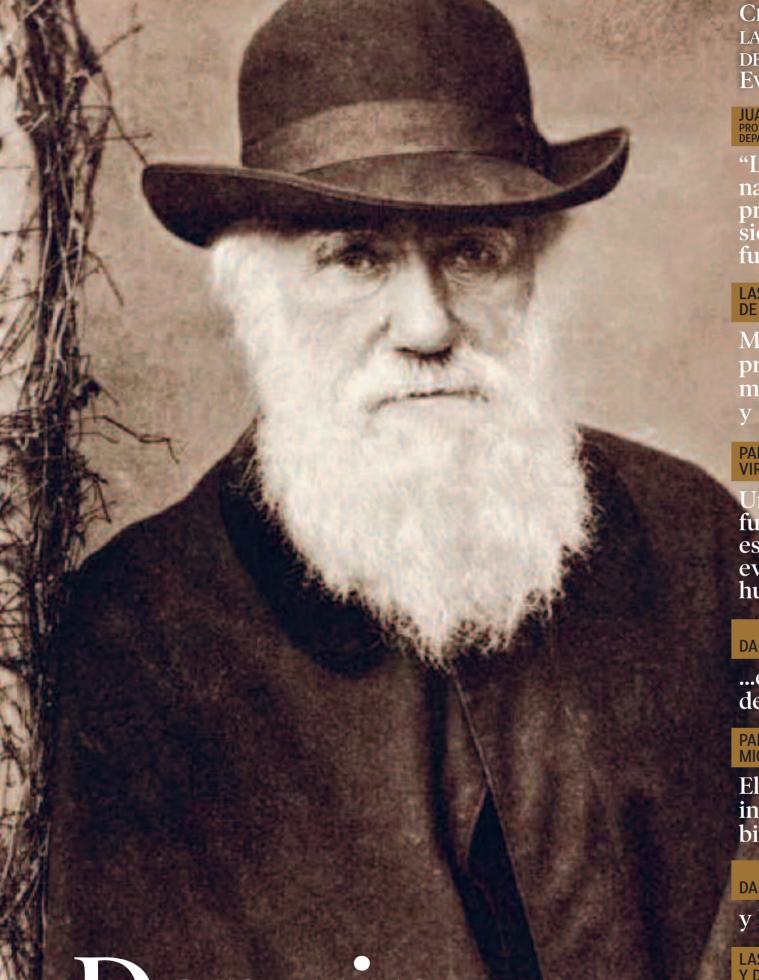
PERIÓDICO DEL CONSTO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES





CELEBRANDO
LA TEORÍA TILE ORIGI
DE LA
EVOLUCIÓN

JUAN MORENO
PROFESOR DE INVESTIGACIÓN DEL
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA EVOLUTIVA

"La selección natural es un proceso que está siempre funcionando"

LAS NUEVAS PERSPECTIVAS DE LA BIOLOGÍA EVOLUTIVA

Mundo prebiótico, macroevolución y Darwin

PALEOANTROPOLOGÍA VIRTUAL EN EL MNCN

Un salto hacia el futuro en el estudio de la evolución humana

DARWIN: UN PIONERO...

...en el estudio de la endogamia

PALEOECOLOGÍA Y MIGRACIÓN DE LAS ESPECIES

El gran intercambio biótico americano

DARWIN

y la Geología

LAS GALÁPAGOS Y DARWIN

Su impacto en el Ecuador

CHARLES ROBERT DARWIN

En los museos

CÓMIC

El viaje que cambió la Ciencia

Darwin: la exposición

■El MNCN.CSIC celebra el bicentenario del nacimiento de uno de los científicos más ilustres de todos los tiempos y los 150 años de *El origen de las especies*, la obra que revolucionó la biología

JUAN MORENO - PROFESOR DE INVESTIGACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA EVOLUTIVA

Juan Moreno Klemming (Madrid, 1954) es Profesor de Investigación del Departamento de Ecología Evolutiva del MNCN (CSIC), vicepresidente de la Sociedad Española de Etología y uno de los más entusiastas defensores de la vigencia de la teoría de Darwin. Su último libro, *Los retos actuales del darwinismo ¿Una teoría en crisis*?, intenta demostrar que la evolución por selección natural es un hecho incontrovertible y que lo que afirmó Darwin hace 150 años no sólo resiste la prueba del tiempo, sino que lo están corroborando las últimas investigaciones de todos los campos de la Biología.

"La selección natural es un proceso que está siempre funcionando"

uan Moreno descubrió de verdad a Darwin en la Universidad de Uppsala (Suecia), el lugar donde leyó su tesis doctoral sobre ecología animal en diciembre de 1983. Allí se dio cuenta de que había realizado en Madrid toda una carrera de Biología sin que en ningún momento ni asignatura las teorías darwinistas salieran a colación. Sin embargo allí, en el norte de Europa, todos los estudios se enmarcaban en un marco evolutivo: sin la idea de la selección natural nada tenía sentido. Cuando regresó a España en 1988 ya se había convertido en uno de los ardientes defensores de la importancia de la Evolución frente a los nuevos paradigmas científicos que la cuestionan.

Algunos sostienen que la teoría de Darwin es una tautología: ¿Quiénes sobreviven? Los más aptos ¿Quiénes son los más aptos? Los que sobreviven. Es la pescadilla que se muerde la cola.

-La teoría es tan explicativa que no puede ser real que todo sea un juego de palabras. Lo que dijo Darwin es que había unas propiedades en los individuos que les hacían más o menos exitosos en sobrevivir y, sobre todo, en reproducirse, que es lo importante. La pretendida circularidad lógica está basada en que la supervivencia se define por las propiedades y las propiedades por la supervivencia, pero las propiedades que permiten ahora a estos organismos sobrevivir y reproducirse con mayor éxito son propiedades heredadas del pasado, son producto histórico de un proceso anterior. Por lo tanto, en el momento en que introduces esa dimensión temporal, no hay circularidad lógica. Es decir, estos organismos tienen estas propiedades que han heredado de sus ancestros y que todavía les sirven ahora para que tengan mayor o menor éxito en su medio natural. Si, por ejemplo, hubiera un cambio radical de condiciones ambientales y muchas de estas propiedades ancestrales se demostraran que no son buenas, habrá una presión selectiva a favor de modificaciones.

También se afirma que eso de que las adaptaciones de los organismos a su medio son producto del azar y de la selección es como si un mono lograra escribir el Quijote a base de dar manotazos aleatorios en un teclado.

-Sí, ése es otro argumento muy utilizado sobre todo por algunos físicos que no ven cómo se puede llegar a esta complejidad de las adaptaciones de los organismos a través de un mecanismo basado en variación ale-



Juan Moreno, en la Antártida, donde ha estudiado los sistemas de reproducción de los pingüinos, una de sus líneas de investigación en aves.

MNCN.CSIC

atoria. Lo que dice la Teoría de Selección Natural es que habrá cambios en las poblaciones a favor de determinados genes, de determinados rasgos promovidos por los genes, y que esos procesos ocurren a lo largo de enormes períodos de tiempo. Durante esos períodos de tiempo se van mejorando cosas que quedan ahí y sobre las que sigue funcionando la selección. Esos físi-

que la selección natural está funcionando siempre. Ahora mismo hay fenotipos que están teniendo un mayor éxito reproductor que otros en cualquier población natural, y en distintas poblaciones humanas también. ¿Qué presiones pueden estar moviendo esto?

-Probablemente las enfermedades están promoviendo en África muchísima presión selec-



"La formación de una nueva especie simplemente es un proceso que no lo detectas cuando se está formando, lo detectas a posteriori"

cos no tienen en cuenta esa dimensión temporal del proceso. Nuestras adaptaciones para sobrevivir y reproducirnos son producto de centenares de millones de años, incluso de miles de millones de años.

Usted ha dicho que los físicos echan en falta leyes matemáticas sencillas en la Biología y no se dan cuenta de que la selección natural es un algoritmo sencillo capaz de explicar procesos muy complejos.

-La selección natural funciona como un algoritmo en el sentido de que continuamente se está promoviendo un éxito diferenciado entre los fenotipos de una población, y este algoritmo está funcionando continuamente, no se para. La gente dice que la selección natural a veces funciona y a veces no, pero es tiva. De hecho ya han encontrado personas que tienen genes de
resistencia al SIDA que pueden
ser favorecidos por selección.
Esa presión tan fuerte estará promoviendo en estas poblaciones
un cambio evolutivo expresado
en los genes, o sea, que no podemos decir que se ha parado,
no se para porque hayamos creado tecnología, a veces la tecnología crea un ambiente nuevo que promueve nuevas presiones selectivas.
Darwin habla de cambio gradual.

-El cambio gradual no presupone un determinado grado de variación sino simplemente una variación que produzca fenotipos viables, que puedan funcionar mejor o peor en su medio ambiente, y de ahí, algunos serán los que tendrán mayor éxito y sus propiedades pasarán más a la siguiente generación. No se basa en monstruos, ni en saltacionismo, que yo creo que es el problema del puntuacionismo, que al final lo más radicalmente nuevo que hubiera podido decir es que todo el cambio evolutivo se produce por fenotipos totalmente nuevos, radicalmente distintos a los demás. Cuando le decías a Gould: "Pero, entonces, ¿está diciendo que son sólo los saltos en el vacío los que promueven cambio evolutivo?", respondía: "No, no, yo no digo eso, pero digo que solamente se produce cambio evolutivo cuando se forma un nuevo taxón, una nueva especie, lo demás prácticamente no existe". Pero sucede que la formación de una nueva especie simplemente es un proceso que no lo detectas cuando se está formando, lo detectas a posteriori.

Afirma que hay tres obstáculos que impiden la correcta comprensión de Darwin. El primero sería el esencialismo...

-Es una concepción muy antigua, basada ya en los filósofos griegos como Aristóteles y Platón, de que las especies tienen esencias inmutables. Considera que no se puede pasar prácticamente de una especie a otra gradualmente por procesos poblacionales porque las especies son entes separados y estancos. Si tienes esa concepción la teoría de Darwin no funciona, porque no puedes ver cómo los organismos pueden evolucionar de una a otra especie. Las ideas puntuacionistas, saltacionistas, incluso las ideas de Margulis sobre la simbiogénesis, tienen un componente esencialista muy importante. Ellos no ven cómo se puede formar nuevas especies por procesos graduales en los que de una especie pasas a otra. Pero si nosotros fuéramos hacia atrás de generación en generación llegaría un momento en que seríamos australopithecus. ¿Alguien se imagina que en un determinado momento va a haber un salto radical? ¿O va a haber un cambio gradual que haga que de pronto un ancestro tuyo ya se empiece a parecer menos, cada vez menos, cada vez menos a ti... y al final acabas en una cosa bastante diferente? Si aceptamos la teoría de Darwin yo me lo imagino todo como un proceso gradual, pero el puntuacionista y el simbiogenetista ¿cómo se lo imaginan? A mí nunca me lo han explicado.

El segundo es el vitalismo. ¿Todo este complejo mecanismo de la selección natural no tiene ningún objetivo?

-El vitalismo murió casi en el siglo XIX, pero lo que sí veo es que subyace un poco en algunas "teorías sobre la complejidad" de Stuart Kauffman y otros. Sostienen que, a determinado nivel de complejidad entre las interacciones moleculares, surge algo nuevo que es la vida, y eso es gratis. Pero si es tan fácil que con las interacciones moleculares surja este fenómeno de la vida, ¿por qué sólo parece ser que surgió una vez y fue una cosa tan difícil? Y responden: "Bueno, es que ha podido surgir más veces

¿Una teoría en crisis?

uan Moreno escribió este libro con el objetivo de abrir un debate y "contrarrestar esa oposición latente o expresa a la teoría de la selección natural en los medios académicos españoles". Para ello recurrió a la estrategia de evaluar las explicaciones alternativas a la selección natural que algunos científicos han dado de determinados fenómenos evolutivos. ¿Una teoría en crisis? "La respuesta a la pregunta del título es completamente negativa", escribe Juan Moreno. "La abundancia de nuevos descubrimientos no ha hecho sino enriquecer la acción de la selección natural, sin restarle un ápice de importancia. Lo que nos dicen los datos recientes es que la evolución por selección natural es un hecho tan cierto como que



la Tierra gira alrededor del Sol. Y todo basado en la genial idea de Darwin: variación aleatoria heredable con efectos sobre aptitud en un ambiente competitivo. Sólo eso: azar, herencia y lucha por la vida".

¿Por qué son azules los huevos del papamoscas cerrojillo?



uan Moreno estudia, entre otras cosas, las presiones selectivas que operan ahora mismo sobre los procesos reproductores de las aves. Una de sus últimas investigaciones tiene que ver con la coloración de los huevos. Normalmente la coloración se interpreta como una adaptación frente a la depredación: el moteado sirve para mimetizar el huevo y ocultarlo a la vista de los depredadores. Pero a Moreno y a sus colegas les llamó la atención la curiosa coloración azul o verde de muchas especies de aves. Así que se pusieron a estudiar los huevos del papamoscas cerrojillo (Ficedula hypoleuca) ¿A cuento de qué venía esa extravagante coquetería azul verdosa? La respuesta es que la hembra busca con ello que su pareja dedique más recursos al cuidado de las crías ¿Y por qué el macho responde así frente a la coloración azul? Los análi-

sis dicen que la intensidad del color es proporcional a la calidad genética y físiológica de las hembras. Por tanto el color es una señal de la calidad de las crías y el macho actúa bajo el principio de la asignación diferencial de recursos: si te puedes reproducir varias veces no merece la pena invertir tiempo en crías poco viables y dedicar esas energías a las viables. Pura selección natural.

pero los organismos vivos que ya existían se comían y hacían desaparecer lo demás". Pero si eso es así, ¿por qué es tan difícil simularlo en un laboratorio?

El tercer y último obstáculo sería la creencia de que el ambiente instruye a los organismos a modificarse en vida y transmitir los cambios por la herencia. ¿La jirafa no estiró su cuello para lograr llegar a las hojas del alto del árbol?

-Esa es la teoría del antecesor de Darwin, Lamarck, que defendía un mecanismo distinto en el que los organismos, modificándose a sí mismos por sus tendencias, producían cambios que pasaban a los genes y a la herencia, es decir, que se podían transmitir a las siguientes generaciones. Hablaba por ejemplo de las aves zancudas que, según él, tienen las patas largas porque cuando sube el nivel de las aguas, tienen que estirarse para poder pes-

-Cayó un meteorito, pero lo de los dinosaurios está un poco más en entredicho. Se ha intentado interpretar la extinción de los dinosaurios como un proceso instantáneo, radical y que los eliminó a todos, y además que eso produjo la expansión de los mamíferos. Todas esas inferencias para mí no se sostienen. ¿Porqué no se sostienen?

-Los dinosaurios, junto con muchos otros organismos, estaban en declive antes del meteorito. Y muchos organismos no se vieron afectados por el meteorito, muchísimos organismos marinos, muchísimos organismos terrestres. A los insectos prácticamente el meteorito no les afectó para nada, ya entonces formaban buena parte de la biodiversidad y ahora hay más especies de insectos que de todos los demás organismos. Y se ha visto que probablemente los fiende la teoría de la simbiogénesis: los cambios evolutivos se dan mediante la asociación de dos o más especies diferentes para formar un nuevo organismo. La célula eucariota sería el ejemplo emblemático.

-Esto es extrapolar brutalmente el descubrimiento de la formación de la célula eucariota por la unión de distintos tipos de organismos procariotas. Los partidarios de la simbiogénesis no explican cómo se pudo formar eso, mientras que hay gente que sí lo ha intentado explicar como una especie de coadaptación entre determinados tipos de organismos que se hacían cada vez más dependientes entre sí.

Por último, la acusación más grave, el gran despiste de Darwin: en "El origen de las especies" no explicó cómo se originan las especies.

-Él lo que decía es que la adaptación diferencial al medio produciría divergencia y nuevas es-

car. Esta era una idea que ha sido muy popular porque da un protagonismo al organismo frente al ambiente. En la teoría de Darwin el ambiente es el importante y los organismos no pueden hacer nada, simplemente nacen de una determinada manera, unos nacen con unas propiedades y otros con otras y tienen mayor o menor éxito, pero ellos no hacen nada, el ambiente es el que les va modificando en el transcurso de las generaciones. Sigamos poniendo a prueba a Darwin. Algunos científicos, como el popular Stephen Jay Gould, sostienen que hay procesos azarosos que no tienen nada que ver con la selección natural, como las grandes extinciones. ¿Acaso no es cierto que hace 65 millones de años un meteorito acabó con los dinosaurios?

mamíferos va estaban diversificados antes del meteorito. La diversificación en órdenes de mamíferos es anterior, ya estaban en proceso de diversificación. Pero entonces ¿los dinosaurios no se extinguieron porque perdieron en el azar de la ruleta de la naturaleza?

-Yo no me creo que sea una ruleta, es decir, no me creo que si ocurre un cambio climático brutal sea indiferente cómo son los organismos, que es lo que viene a decir Gould. Pienso que será muy importante si tienes adaptaciones para resistir períodos de estrés, de sequía o de falta de alimento, o si tienes estrategias para subsistir en un período en que dicen que podría haberse producido una noche global.

Sigamos con los fiscalizadores de Darwin. La bióloga Lynn Margulis de-

pecies. Es decir, si en una población, por algún proceso, se producía una presión selectiva a favor de que unos individuos utilizaran más un recurso y otros individuos utilizaran más otro recurso, empezaría a haber lo que se llama una selección disruptiva, y de pronto acabarían siendo incompatibles entre sí. Aunque decía que el aislamiento geográfico podía facilitar este proceso, no lo requería, él ya hablaba de que era posible lo que llaman ahora la "especiación simpátrica", coincidiendo en la misma zona los distintos individuos. La especiación adaptativa, como la llamó Darwin, la especiación como producto de adaptación diferencial al ambiente, eso es una teoría sobre el origen de las especies.

Límites

CARLOS MARTÍN **ESCORZA**

del periódico MNCN

iempre han estado claros para mí, sobre todo en lo que se refería a la cantidad de dinero de que disponía o no disponía. Así que andar con las maletas llenas y sin coger taxi que te llevara a la estación, ni aun rascando en el bolsillo para la alternativa del autobús, no daba opciones para discernir, la decisión estaba tomada *ipso facto*: iría andando con ellas en brazos, y vaya que pesaban.

Eran límites claros, precisos, incluso cuantificables; ahora lo son también los del dinero, pero creo que no sería capaz de andar llevan-

do una maleta hasta allá, ni vacía, y todavía me pensaría el ir andando aun sin ella. Pero claro, aún sigo viviendo y aunque llegaré asimismo a un límite en ello, de eso si que estoy seguro, me doy cuenta de que no soy el único con tantos problemas. Además, hasta la velocidad parece tenerlos y no me refiero a la que señalan los estupendos y abundantes carteles de las carreteras, ella misma como cosa que es tiene su frontera; la más audaz, la que más corre, está compuesta por ondas electromagnéticas y parece que las pobres están normalizadas, como nosotros, por prohibiciones naturales. La luz no es la única, aunque parezca grande, que padece de velocidad limitada, el universo todo él sigue asimismo su curso bajo esas señalizaciones, aunque parece disponer de tiempo para aprenderse bien el código de marcha. Y algunos opinan que se mantendrá de esa manera, casi sin límites, hacia allá a donde se dirija, aunque otros opinan, aún más precavidos quizás, que antes de llegar al fondo dará la vuelta, como un tiovivo elástico que gira, se estira y encoge en el vertiginoso tiempo y espacio del espacio-tiempo. De ello tendrán ocasión de indagar los del futuro y en

su caso demostrarlo y aun quizás vivirlo. Aunque nosotros es casi más que seguro que no, ay, por- ¿LOS DEL FUTURO, que nos ha tocado vivir en este momento todavía en pleno preámbulo de los intentos por conocer las cosas.

TENDRÁN SIEMPRE UNOS LÍMITES EN SU SABIDURÍA, O Incluso si me dejan ustedes di- NO LOS TENDRÁN? ría yo que tampoco sabemos mu-

cho de nosotros mismos. Me refiero por supuesto a como seres propiamente dichos, individuos que trajinamos por la vida tratando de ir sabiendo quiénes y cómo somos; cosa que a veces hacemos mirándonos a nosotros mismos o quizás a través de cómo nos ven los demás, ya sea en realidades palpables o en versiones noveladas de experimentados escritores que con sus vivencias e imaginaciones nos acercan poco a poco a saber cómo vamos, cómo nos va y puede que algunos hasta hagan ejercicios de adivinar hacia dónde dirigimos los pasos. Incluso, y también con el permiso de ustedes, me atrevería a decir que en ocasiones hasta creemos saber más de los demás de lo que en realidad lo tenemos claro en propio. Nada nuevo por otra parte, pues me barrunto que eso ha formado parte de la historia desde los más antiguos colegas que pisoteaban el suelo de nuestro planeta y debe formar ya parte de la larga lucha que la mente humana mantiene consigo misma para sobrellevar tanta carga como decimos que llevamos.

Así que a lo que íbamos, que no hace falta decir mucho más para hacerles ver que nos hallamos ante un conocimiento todavía limitado, difícil de cuantificar hasta dónde de limitado y de cumplido, y de lo que hemos llegado conocer por medio de él, aunque no me equivocaré mucho -por una vez y sin que sirva de precedente- si digo que es menos de lo que hasta donde podrán alcanzarlo en el futuro. Y ante esta evidencia se me vienen a la cabeza al menos dos hipótesis que proponerles para una discusión mientras tomamos un café o té, que no hay que hacer diferencias con nadie: ¿o ellos, los del futuro me refiero, tendrán siempre unos límites en su sabiduría, o no los tendrán?

Que los tengan me gusta porque me hace prever que con ellos compartiremos, y a pesar de lo que hasta entonces se avance, esta sensación de frustración y ansiedad ante lo desconocido, sensaciones que debemos dar por seguro que ya se han vivido antes y también se viven ahora, y el que les habla más debido a mi grandísima ignorancia. Pero si, como puede ocurrir aunque ahora nos cueste imaginarlo, los del futuro llegan al total conocimiento, a la sabiduría completa, rebasando cualquier frontera que se piense o se indague, bueno, pues aparte de que creo que ello será muy aburrido, supondría que cualquier cosa que se haga, diga, ¿y hasta se piense?, tendría explicación, su desarrollo estaría ya predeterminado y conocido y aun antes de vivir las cosas ya se sabría que van a pasar pues ya todo estaría ecuacionado, señalado, sabido.

Dos mundos bien distintos de seres que no tendrían que serlo, ¿o sí?, parecidos o iguales a lo que ahora somos.

Pero voy a dejarles de dar la lata que yo mismo me estoy mareando por las implicaciones que va adquiriendo el asunto. Me voy a ver qué tal va la lucha territorial entre mis vecinas y amigas las cornejas, los rabilargos azules, las urracas y las palomas torcaces, que me mantiene muy preocupado. Porque ahí sí que hay unos problemas de límites y además todos con muy puntiagudos picos.



Nada antes me había hecho entender tan claramente, aunque había leído varios libros científicos, que la ciencia consiste en agrupar hechos de tal manera que leyes generales o conclusiones puedan ser extraídas de los mismos

LAS NUEVAS PERSPECTIVAS DE LA BIOLOGÍA EVOLUTIVA

Mundo prebiótico, macroevolución y Darwin



LUIS BOTO LÓPEZ

Doctor en Ciencias Biológicas por la UAM. Formado en Biología Celular y del Desarrollo en el Instituto de In-

vestigaciones Biomédicas, en el periodo postdoctoral se formó en Biología Molecular e ingeniería genética en microorganismos. Ha sido responsable del Laboratorio de Sistemática y Evolución Molecular del MNCN. Investigador titular O.P.I. Departamento de Biodiversidad y Biología Evolutiva.

Biodiversidad y Biología Evolutiva. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estudio de mecanismos evolutivos y bases moleculares de la adaptación en diferentes organismos tanto desde una perspectiva teórica como a través de aproximaciones experimentales.

oscientos años desde el na-Descriction and Description of Charles Darwin y 150 desde la publicación de *On* the origin of species by means of Natural Selection puede ser un buen momento para preguntarse si diferentes procesos evolutivos que Darwin dejó fuera de su obra, como por ejemplo la evolución anterior a la aparición de las primeras formas de vida libre o evolución prebiótica, o la propia evolución microbiana, se pueden explicar a través de los mecanismos propuestos por Darwin y sus epígonos.

Asimismo, puede ser un buen momento para reflexionar acerca de si ciertas controversias que han acompañado a la historia de la biología evolutiva durante los últimos años del pasado siglo veinte pueden ser explicadas por la inclusión de otros mecanismos que complementen a los propuestos por Darwin y que se integraron en una especie de paradigma con la aparición de la denominada Nueva Síntesis, que en los años 30 del siglo pasado intentó fusionar la teoría evolutiva emanada de la obra de Darwin con el conocimiento emergente de la genética.

En una publicación reciente (L. Boto, I. Doadrio, R. Diogo (2009) "Prebiotic World, macroevolution, and Darwin's theory: A new insight". Biology and Philosophy 24, 119-128) precisamente reflexionamos acerca de estos aspectos, revisando la literatura reciente procedente de campos como la biología molecular, biología del desarrollo, genómica comparada, etc., en busca de claves que puedan explicar los procesos de evolución en un mundo prebiótico, o la denominada macroevolución, que trata de explicar el cambio evolutivo que conduce a la aparición de novedades entre clados.

Con respecto a la evolución en el mundo prebiótico, una mezcla de azar, procesos químicos autoorganizativos y una

forma de selección natural a nivel molecular (positiva al principio y conservadora en estadios más tardíos, una vez que determinadas funciones complejas y eficientes han aparecido) pudo haber conducido a un



Tarjeta postal. Principios del siglo XX.

COLECCIÓN DE JAUME JOSA. SERVICIO FOTOGRÁFICO DEL MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES (CSIC)

mundo en que el ácido ribonucleico o ARN (en lugar de en el ácido deoxiribonucleico o ADN) sería la molécula portadora de la información genética. Diferentes teorías tratan de explicar el salto de mundo de ARN a

blando de selección sobre características moleculares, que pueden determinar, por ejemplo, que una reacción química, como la propia replicación del material genético, sea mas fácilmente llevada a cabo.

plicar la aparición de grandes novedades evolutivas.

Así, del estudio de la evolución microbiana se deriva que un mecanismo como la transferencia horizontal de genes entre organismos muy distintos se

La evolución es un proceso complejo porque diferentes mecanismos son capaces de producir novedad sobre la que la selección puede actuar después o no

un mundo de ADN pero casi todas asumen un papel importante para esta forma de selección natural a nivel molecular. Recordemos que Darwin hablaba de selección sobre individuos o poblaciones y aquí estamos ha-

Con respecto a la macroevolución, hoy parece claro que las mutaciones puntuales que los neodarwinistas o defensores de la Nueva Síntesis defendían como fuente de variación fenotípica no son suficientes para exconstituye como un mecanismo clave en la adquisición de variabilidad genética y novedad evolutiva.

Por otro lado, la duplicación de genes y genomas completos parece que también puede contribuir en gran medida a la aparición de novedades evolutivas en eucariotas, y mecanismos como la hibridación, muchas veces entendido como un proceso sólo conducente a la vía muerta de los híbridos estériles, hoy son aceptados como posibles fuentes de innovación evolutiva a través de la fusión de genomas diferentes. De hecho, parece que la propia célula eucariótica pudo haberse originado a través de un proceso de fusión de una bacteria y de una archaea.

Pero, además, del estudio de los procesos de desarrollo de los seres vivos emerge una nueva importancia de estos procesos como fuente de novedades en evolución, a través de cambios en las redes génicas reguladoras que actúan durante los mismos, o a través de alteraciones en los procesos autoorganizativos que los sustentan.

Es nuestra visión que la evolución es un proceso complejo y con múltiples facetas, como el ojo de una *Drosophila*, donde la selección natural modula y ha modulado una parte importante de la misma, pero en el que el azar o contingencia histórica o la acumulación de mutaciones neutrales durante generaciones también tienen su importancia. Y es además un proceso complejo porque diferentes mecanismos son capaces de producir novedad sobre la que la selección puede actuar después o no.



Drosophila o mosca del vinagre. WIKIPEDIA

Por tanto creemos que quizás sería éste el momento, como muchos autores están proponiendo, de que la biología evolutiva recoja todo este conocimiento surgido en las últimas décadas en una nueva síntesis que, como aquella en su momento, fusione el pensamiento de Darwin con el nuevo conocimiento que hoy surge desde diferentes parcelas de la biología.

■ NEW PERSPECTIVES IN EVOLUTIONARY BIOLOGY. Two

centuries after Darwin's birth is a good time to ask ourselves whether various evolutionary processes that were left out of his work, such as evolution prior to the emergence of the first lifeforms and microbial evolution, can be explained by the mechanisms that Darwin proposed. The author of this article explains that it is a complex process because many different mechanisms have the ability to produce something new, upon which natural selection may or may not act afterwards.



Algún día caerá la luy sobre los hombres y su historia

PALEOANTROPOLOGÍA VIRTUAL EN EL MNCN Un salto hacia el futuro en el estudio de la evolución humana

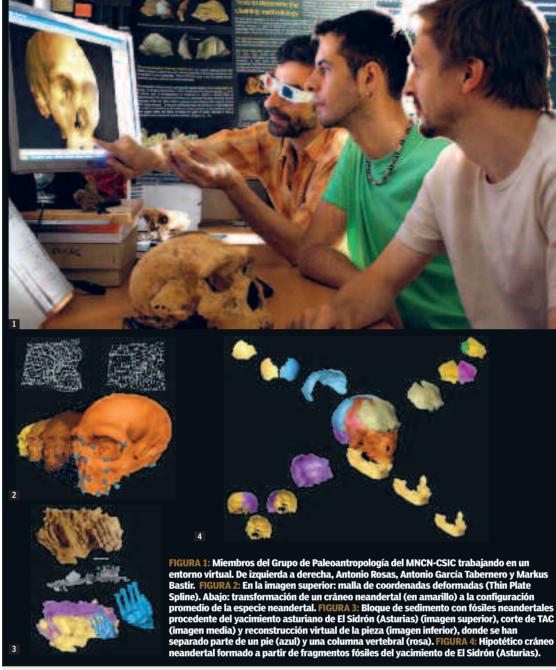
ANTONIO ROSAS, MARKUS BASTIR Y ANTONIO GARCÍA **TABERNERO**

Grupo de Paleoantropología MNCN-CSIC Departamento de Paleobiología.

AGRADECIMIENTOS: Queremos expresar nuestra gratitud a los Drs. Javier Fortea y Marco de la Rasilla como responsables de la excavación de El Sidrón (Asturias). Y al Gobier no del Principado de Asturias por la financia ción de las investigaciones.

os grandes museos de Histo-Lria Natural, como los de París, Londres, Nueva York, Viena, etc., abordaron la creación de grandes colecciones de antropología a finales del siglo XIX y principios del XX. Su objetivo era ubicar al hombre en el seno de la naturaleza. Desde Darwin, la especie humana -Homo sapiens- pasó a ser percibida como el resultado de un proceso de evolución que había que desvelar. Para ello se hizo imprescindible disponer de amplias colecciones de referencia que abarcaran el espectro de variación de la especie humana y sus parientes animales más próximos. De este esfuerzo surgieron las extensas colecciones de cráneos y esqueletos humanos, imprescindibles para el análisis y comparación de los fósiles humanos que se van descubriendo. Por diferentes razones, el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN) nunca consiguió reunir buenas colecciones de osteología humana. En España, la llamada "Colección Oloriz", realizada en la Universidad Central de Madrid por el Dr. Federico Oloriz, es uno los pocos legados de aquel impulso investigador.

Las nuevas técnicas de tomografía computerizada y datos digitales 3D están ayudando a contrarrestar este desfase histórico. El Grupo de Paleoantropología del MNCN-CSIC, que ha estudiado fósiles humanos de los yacimientos de Atapuerca (Burgos) y actualmente investiga la notable muestra neandertal de El Sidrón (Asturias), trata de acortar el tiempo perdido mediante la elaboración de una colección virtual de restos antropológicos. Esta nueva colección incluye especímenes fósiles, de poblaciones humanas actuales y de los primates evolutivamente más próximos al ser humano (chimpancé, bonobo, gorila y orangután, entre otros). Se trata de tener en formato digital una información que con los programas informáticos adecuados permite en escasos segundos reconstruir en el ordenador la totalidad del objeto natural: por ejemplo, un cráneo. Con esta reconstrucción virtual podemos analizar y tomar las medidas requeridas para el estudio en cuestión. Las técnicas de antropología virtual permiten, además, hacer copias físicas del objeto, algo así como una fotocopia en 3D, sien-



Análisis morfológico in silico

La antropología virtual se basa en las llamadas técnicas de imagen médica, originándose a partir de las conocidas Tomografía Axial Computerizada (TAC) y Resonancia Magnética (RM).

a más usada, dada la naturaleza de los fósiles, es el TAC, que funciouna sucesion de imagenes o "cortes" que muestran tanto el interior como el exterior del fósil debido a la capacidad de penetración de los rayos X en la materia ósea. Estas imágenes pueden combinarse de múltiples formas en el ordenador usando programas muy especializados, para generar un objeto tridimensional que es casi idéntico al fósil escaneado. Se inician así análisis in silico, en contrapo-

sición a los clásicos conceptos de in vivo, in vitro, etc. Con estos modelos 3D. na irradiando la muestra v con el apovo de las imácon rayos X a intervalos genes 2D obtenidas del esregulares para obtener cáner, es posible realizar numerosas operaciones que serían irrealizables en el fósil original.

■ Reconstrucción de partes ausentes

Entre las más relevantes podemos citar el acceso a detalles de la anatomía interna velados en la pieza original, la reconstrucción de partes ausentes, la corrección de deformaciones producidas durante el proceso de fosilización, la medición de co-

ordenadas, distancias y ángulos, así como volúmenes de cavidades internas inaccesibles en el fósil, el ensamblado virtual de elementos anatómicos conexos, diferentes operaciones morfológicas con valor predictivo o como resultados inductivos, y un largo etcétera. Este entorno virtual es susceptible de ser devuelto nuevamente al mundo real mediante la creación de réplicas físicas de los modelos 3D, réplicas que continuarán en el circuito investigador. Siguiendo la evolución de las técnicas, nuevos sistemas de exploración más precisos

como son la Tomografía de alta resolución (microtomografía) y el Sincrotrón están siendo incorporados como metodologías usuales por el Grupo

I Excavación virtual Otro de los aspectos que encierra grandes posibilidades para la paleontología es el denominado "excavación virtual". Se trata de excavar en el ordenador un modelo virtual de un conjunto de sedimento y fósiles. O lo que es lo mismo, la extracción virtual de los fósiles sin necesidad de alterar el

■ THE MNCN-CSIC PALAEOANTHROPOLOGY GROUP, which has studied human fossils at Atapuerca (Burgos) and is currently analysing the substantial Neanderthal collection from El Sidrón (Asturias), is building up a virtual collection of anthropological remains. Virtual anthropology is based on medical imaging techniques, a spinoff from Computerised Axial Tomography (CAT) and Magnetic Resonance (MR). Access to details of internal anatomy, the reconstruction of missing parts, coordinate measurements, the creation of physical replicas from 3-D models, and even what is known as "virtual excavation" are just some of the potential applications of this system.

do la Estereolitografía y el Prototipado rápido las técnicas más usadas.

A pesar del increíble avance que permiten estas técnicas, es también de vital importancia disponer en la colección de huesos originales y réplicas de calidad científica para el examen de texturas y detalles morfológicos. El MNCN, donde se estudia Paleontología Humana de primera mano, está igualmente trabajando en esta dirección.

La antropología virtual encuentra su faceta más científica en la combinación de los modelos 3D de ordenador con el rigor matemático de la Morfometría Geométrica. La llamada revolución morfométrica, realizada a principios de los años noventa y que dio origen a la Morfometría Geométrica, se basa en el uso de coordenadas cartesianas y el análisis de la configuración geo métrica de estas coordenadas. No se trata simplemente de valorar medidas aisladas, sino de comparar la geometría de un elemento orgánico en su conjunto. El tratamiento estadístico de las configuraciones se complementa con sofisticadas técnicas de visualización. En particular, la herramienta conocida como TPS (Thin Plate Spline) supone la formalización de la vieja idea intuitiva de las coordenadas deformadas de D'Arcy Thompson (1917). A nivel internacional, varios equipos trabajan en estos campos. Uno de ellos es EVAN (European Virtual Anthropology Network), constituido por una red de grupos de trabajo aglutinados en torno al desarrollo de la antropología virtual, del que el CSIC es uno de sus socios a través del Grupo de Paleoantropología del MNCN.

Nuevas aproximaciones a aspectos evolutivos

La combinación de técnicas y metodologías tales como la Antropología "clásica", la Antropología virtual y la Morfometría Geométrica, ha permitido nuevas aproximaciones a aspectos evolutivos hasta ahora difíciles de estudiar, como es la relación entre el incremento encefálico de los homínidos y la configuración del esqueleto facial. Esta se expresa principalmente a través de la flexión de la base del cráneo, una región del interior del cráneo clave para la comprensión, desde el punto de vista evolutivo, de la configuración facial del género Homo. En la actualidad, esta batería de métodos y técnicas está siendo aplicada en la investigación y divulgación de fósiles humanos de El Sidrón (Asturias): la mejor colección de neandertales de la península Ibérica y uno de principales referentes internacionales en el estudio de la Paleobiología de los neandertales.



... ninguna forma de vida orgánica se puede autofecundar perpetuamente a lo largo de las generaciones, sino que cruces ocasionales con otros individuos —aunque tengan lugar cada mucho tiempo— son indispensables...

DARWIN: UN PIONERO...

...en el estudio de la endogamia

JOAQUÍN ORTEGO



Investigador post-doc-toral del MNCN-CSIC. Departamento de Ecología Evolutiva. LÍNEAS DE INVESTI-GACIÓN: Ecología molecular. En particular, su investigación se centra en el estudio de los factores que deter-

minan la diversidad y diferenciación genética en poblaciones naturales y en la importancia de la variabilidad genética individual en diferentes componentes de la eficacia biológica. Como modelos de estudio utiliza aves, insectos y, más recientemente, poblaciones altamente fragmentadas de plantas. PARA SABER MÁS: http://darwinonline.org.uk/darwin.html

Darwin, C.R. (1862) On the various contrivances by which British and foreign orchids are fertilised by insects. London, UK:

Darwin, C.R. (1876) The effects of cross and self-fertilization in the vegetable kingdom. London, UK: John Murray

Pannell, J.R. (2009) On the problems of a closed marriage: celebrating Darwin 200. Biology Letters 5, 332-335.

arwin no sólo elaboró la te-Darvin no sono de las oría de la evolución de las especies, sino que también fue pionero en el estudio de muchos otros campos de la biología. En particular, uno de los fenómenos que más atrajo la atención de Darwin fue la endogamia y sus efectos en la eficacia biológica de los organismos. Ya en el Origen de las especies apuntaba que "... ninguna forma de vida orgánica se puede autofecundar perpetuamente a lo largo de las generaciones, sino que cruces ocasionales con otros individuos – aunque tengan lugar cada mucho tiempo - son indispensables...". En el Origen de las especies también indicaba que "...tanto en plantas como en animales, cruces entre variedades diferentes, o entre individuos de la misma variedad pero de líneas distintas, confieren mayor vigor y fertilidad a los descendientes...". Posiblemente, estas reflexiones iniciales fueron las que llevaron a Darwin a profundizar más en el estudio de la endogamia.

Los experimentos de Darwin

Darwin pensaba que algunas especies de plantas habían desarrollado adaptaciones para evitar la autofecundación y, por tanto, la endogamia. Para estudiar los efectos de la endogamia Darwin llevó a cabo cuidadosos experimentos de polinización en numerosas especies de plantas. Realizando autofecundaciones y polinizaciones cruzadas generó descendientes endogámicos y no endogámicos y observó que la eficacia biológica de la progenie procedente de las autofecundaciones era menor para la mayoría de las especies que estudió. De este modo, Darwin aportó la primera evidencia experimental contundente sobre los efectos negativos de la endogamia y confirmó lo que ya estaba extendido en la creencia popular de muchos criadores de

Jesiah Errora "Los problemas" del matrimonio endogámico de Darwin Charles R. Darwin contrajo matrimonio con su prima-hermana Emma Wedg-

wood. Como resultado de este matrimonio nacieron 10 hijos, tres de los cuales murieron durante la infancia (señalados con un círculo rojo en el árbol genealógico). Esto marcó mucho la vida de Darwin, que siempre sospechó que la escasa salud de sus hijos podía haber sido consecuencia de su matrimonio endogámico. Se cree que esto pudo ser una de las grandes motivaciones que llevaron a Darwin a estudiar los efectos de la endogamia. Como $\underline{\mbox{resultado de sus experimentos e}}$ investigaciones sobre este tema publicó el libro "The Effects of Cross- and Self-Fertilisation in the Vegetable Kingdom" en el año 1876.

animales y plantas de la época. Darwin estableció además que los efectos negativos de la endogamia eran particularmente severos bajo condiciones ambientales adversas, algo que ha sido ampliamente estudiado en tiempos muy recientes. Durante sus numerosos experimentos Darwin también observó que cruces endogámicos durante muchas generaciones, no sólo no

disminuyen la eficacia biológica de los individuos sino que incluso pueden llegar a aumentarla. Esto le resultó muy sorprendente y denominó a la línea endogámica en la que había observado este fenómeno The Hero (El héroe). En realidad esto supuso probablemente la primera evidencia empírica de lo que ahora conocemos como "purga genética", que consiste en la eliminación de alelos deletéreos recesivos de la población tras sucesivos cruces endogámicos que "exponen" dichos alelos a la selección natural de modo recurrente. Los resultados y conclusiones de todos estos experimentos quedaron plasmados en su libro The effects of cross and self-fertilization in the vegetable kingdom que fue publicado en el año 1876. Sin duda alguna, este libro fue el punto de partida para el estudio de la endogamia y sus consecuencias en el futuro.

Endogamia y conservación

Los conocimientos adquiridos desde los primeros estudios de Darwin acerca de los efectos de la endogamia no sólo son interesantes desde un punto de vista teórico o puramente científico sino que también tienen una gran importancia práctica enfocada a la conservación. Por ejemplo, hay evidencias claras de que bajos niveles de variabilidad genética en poblaciones pequeñas pueden reducir su fecundidad e incrementar notablemente su susceptibilidad a parásitos y enfermedades que de modo último pueden ocasionar su extinción. Por esta razón los investigadores han empezado a valorar la importancia de conservar altos niveles de variabilidad genética en las poblaciones naturales que permitan salvaguardar su capacidad para adaptarse a condiciones ambientales cambiantes y asegurar su perpetuación en el futuro. Esto es algo fundamental en un momento en el que la destrucción y la fragmentación del hábitat por parte del hombre han disminuido los tamaños poblacionales y la diversidad genética en muchos organismos que a menudo se encuentran en riesgo crítico de extinción. Por lo tanto, Darwin estableció la base para el estudio de la endogamia y los conocimientos ahora adquiridos basados en sus investigaciones iniciales son uno de los pilares básicos de la biología de la conservación. La contribución del Museo Nacional de Ciencias Naturales sobre este aspecto de la biología de la conservación es fundamental y se espera que tenga un importante impacto en el futuro.

■ DARWIN AND ENDOGAMY.

Knowledge about the effects of endogamy that has been gathered since Darwin's initial studies is not only interesting from a theoretical or purely scientific perspective. It is also of great practical importance for conservation.

Contribuciones del MNCN

A pesar de que las aportaciones de Darwin fueron un pilar imprescindible para el estudio de la endogamia, la base genética de los fenómenos que había observado le resultaban completamente desconocidos. Esto ha sido afrontado en tiempos mucho más recientes una vez que los conocimientos sobre genética han aumentado de modo considerable. También desde el Museo Nacional de Ciencias Naturales varios grupos de investigación han abordado estudios sobre esta disciplina que ya exploró Darwin en su momento. Como modelos de estudio se han utilizado fundamentalmente aves y mamí-feros y de estas investigaciones se han obtenido conclusiones muy interesantes sobre los efectos de la diversidad genética en la susceptibilidad a parásitos y enfermedades, en la fecundidad y viabilidad de los organismos y sobre su papel en la evolución de la selección sexual.



JORGE CASSINELLO

■Gacelas amenazadas

n el MNCN **L**también se han realizado interesantes estudios sobre los efectos de la endogamia en algunas especies de mamíferos en peligro crítico de extinción. En este sentido, los investigadores Montserrat Gomendio, Eduardo Roidán y Jorge Cassinello han encontrado que la endogamia incrementa la susceptibilidad a parásitos y reduce la calidad del semen en algunas especies de gacela amenazadas.

■El estornino negro

T profesor de investigación Pablo Veiga y colaboradores han encontrado que la tasa de eclosión de los huevos en el estornino negro (Sturnus unicolor) está asociada con la similitud genética de la pareja, lo que sugiere que la endogamia puede tener importantes consecuencias en el éxito reproductor de esta especie. Por otro lado, este grupo de investigación también ha observado que la expresión de caracteres sexuales secundarios en los machos de esta especie se encuentra positivamente correlacionada con la heterocigosidad, lo que apunta a que los ornamentos podrían haber evolucionado como indicadores de la "calidad genética" de los individuos.

■El herrerillo común

M uy recientemente, otro grupo de investigación del MNCN constituido por Vicente García-Navas, Juan José Sanz v Joaquín Ortego también ha encontrado evidencias sobre el papel que la variabilidad genética de los individuos tiene en la selección sexual y la eficacia biológica del herrerillo común (Cya*nistes caeruleus)*. Este grupo de investigación ha observado que esta ave forestal se aparea teniendo en cuenta la variabilidad genética de los posibles candidatos como pareja, una cualidad que a su vez se ve reflejada por el brillo de las plumas ornamentales de color azul que presenta esta especie. Además, una elevada diversidad genética incrementa el tamaño de puesta de las hembras y la tasa de ceba de los machos, lo que sugiere que elegir pareja teniendo en cuenta la diversidad genéti-

to reproductivo.

ca de los posibles candidatos po-

dría tener importantes benefi-

cios en términos de rendimien-

■El cernícalo primilla

os trabajos realizados por el investigador Joaquín Ortego en colaboración con José Miguel Aparicio, Pedro J. Cordero y Gustau Calabuig, del Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (CSIC-UCLM-JCCM), han

demostrado que la variabilidad genética del cerní-

> calo primilla (Falco naumanni) es menor en colonias pequeñas y aisladas y que una baja diversidad genética incrementa la susceptibilidad a parásitos y disminuye la fecundidad de las hembras.



GUSTAU CALABUIG

En conjunto, la investigación realizada por el Museo Nacional de Ciencias Naturales ha permitido ayudar a comprender mejor la importancia de la endogamia y la diversidad genética en poblaciones naturales, algo que puede tener valiosas implicaciones prácticas enfocadas a la conservación de especies.



El cambio de clima tiene que haber ejercido una influencia poderosa en la emigración. Una región infranqueable, por la naturaleya de su clima, para ciertos organismos pudo haber sido una gran vía de emigración cuando el clima era diferente

PALEOECOLOGÍA Y MIGRACIÓN DE LAS ESPECIES

El gran intercambio biótico americano

MARIANA MUNGUÍA



CARRARA
Becaria predoctoral de
la Universidad Nacional Autónoma de México, realiza su labor
investigadora en el Laboratorio de Cambio
Global y Biodiversidad

en el departamento de Biodiversidad y Biología Evolutiva del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Biogeografía, Paleoecología y respuesta de las especies ante cambios climáticos.

ctualmente es bien conoci-Ado que Sudamérica y Norteamérica estuvieron separadas por más de 65 millones de años, lo que permitió el aislamiento, evolución y diversificación de formas únicas en cada subcontinente. La biota evolucionó de manera independiente en cada subcontinente hasta hace 2,5 millones de años, cuando por eventos geológicos y fluctuaciones en el nivel del mar finalmente los subcontinentes se conectaron como actualmente lo observamos por el Istmo de Panamá.

La conexión de los continentes permitió la migración de las especies en ambos sentidos hacia nuevas áreas; a este proceso se le ha denominado el Gran Intercambio Biótico Americano. Un importante paso previo al conocimiento de este proceso de dispersión de especies fue la descripción y clasificación de fósiles

Darwin, en su viaje por Sudamérica en el Beagle (Argentina y Uruguay), encontró diversas especies fósiles hasta entonces desconocidas, las cuales le causaron una gran impresión por el tamaño que presentaban, y logró abstraerse de las creencias de la época acerca del origen de dichos animales -que en ocasiones fueron interpretados como humanos gigantes o de origen "diabólico"-. Darwin envió estos fósiles a Owen -en el Royal College of Surgeons en Londres-, quien agrupó y clasificó dichas especies entre 1837 y 1845 (e.g. Equus curvidens, Glossotherium sp., Macrauuchenia patachonica. Mylodon. Scelidotherium lep tocephalum and Toxodon platenses; Fig.1). Esto permitió continuar el conocimiento de la presencia de especies de Sudamérica que han sido descritas hasta hoy en día. Entre los primeros estudios del Intercambio Biótico Americano están los de Pascual, Patterson, Smith y Webb en los años sesenta, con grandes implicaciones en posteriores estudios, ya que permitieron conocer que hubo un importante desplazamiento de fauna entre Norteamérica y Sudamérica y algunos casos interesantes. Así, por ejemplo, previo al Intercambio Biótico estaban presentes en Norteamérica y Centroamérica 5 géneros distintos de proboscidios (Rhynchotherium, Mammut, Mammuthus, Cuvieronius y Ste-

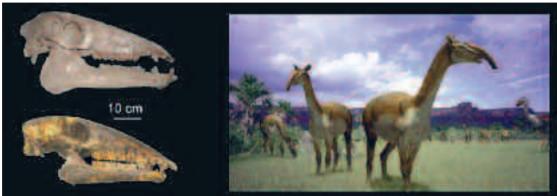


Figura 1. *Machrauchenia sp.* Mamífero notoungulado endémico de Sudamérica, extinto.





Figura 2. Glyptotherium sp. Género migratorio perteneciente a una familia sudamericana pero que se originó en Norteamérica entre el 2,95 millones de años y 115 mil años. Áreas en rojo: indican áreas climáticamente favorables para el género pero en las que no se ha tenido registro de presencia fósil; en las áreas en amarillo sí existe registro fósil. La distancia entre las áreas en Norte y Sudamérica es menor que el de un no migratorio como Castor.

MARIANA MUNGUÍA CARRARA



Figura 3. Castor, es un género norteamericano que existió durante el Intercambio Biótico Americano pero no cruzó a Sudamérica. Recientemente esta

Sudamérica. Recientemente esta especie fue introducida por el hombre al sur de Sudamérica donde actualmente es considerada especie exótica. El éxito actual de los castores en esta region probablemente es

debido a que su hábitat existe desde hace 115 mil años, como lo muestran los mapas, sólo que no existía accesibilidad a dichas áreas. MARIANA MUNGUÍA CARRARA

gomastodon), y sólo de dos de ellos (*Cuvieronius y Stegomastodon*) se han encontrado fósiles en Sudamérica.

¿Por qué no cruzaron algunos géneros? ¿Fueron la presencia de condiciones bióticas (otros géneros) o abióticas (clima) las que restringieron la entrada de estos grupos? Estimar si la causa fue la presencia de otras especies es difícil porque en primera instancia no se conocen todas las especies con las que pudieron competir (hay que tener en cuenta la dificultad de poder conocer las interacciones entre

las especies presentes hoy en día,

máxime el estudio de dichas

interacciones en el pasado). Sin

embargo, los recientes avances en modelar y estimar las probables condiciones climáticas en el pasado que se han desarrollado nos han permitido conocer cómo era la temperatura, precipitación o la estacionalidad de diferentes escenarios en algunos periodos del Mioceno, Plioceno y Pleistoceno. Esto junto al conocimiento de los niveles estratigráficos donde se encuentran los fósiles y al conocimiento de los cambios climáticos en el pasado, nos permite conocer o interpretar la situación y correlación del registro fósil encontrado entre áreas y condiciones similares para cada continente y a lo largo del tiempo (por ejemplo Fig.2, Glyptotherium).

Es por eso que la investigación que realizamos actualmente en el laboratorio de Cambio Global y Biodiversidad en el Museo Nacional de Ciencias Naturales intenta conocer las áreas de distribución de los mamíferos en el pasado en América. Esto es posible gracias a las descripciones hechas tanto por los exploradores españoles (por ejemplo Cieza de León en 1553) como por Darwin (1853) y actualmente por paleontólogos de Sudamérica, Norteamérica, Centroamérica y Europa, los cuales han realizado importantes estudios de nomenclatura que nos permite identificar bien los grupos de especies, sus relaciones e historia

Así, nuestros resultados incluyen mapas de distribución de las especies extintas y no extintas desde antes, durante y después del evento de migración y en ambos continentes. Así hemos verificado no sólo que el área de las especies migratorias es mayor en el continente que invadieron (Fig.2) sino que ade-

más algunas no migratorias no presentan áreas climáticas similares en el otro continente o ésta es muy reducida, razón por la cual puede dificultarse su establecimiento (por ejemplo el Castor, Fig.3). Asimismo, la distancia entre los hábitat disponibles entre ambos continentes es menor para las migratorias que para las no migratorias. Este tipo de estudios permite conocer más sobre las causas del movimiento de las especies ante condiciones cambiantes en el clima, el cual permite la llegada y el establecimiento de algunos grupos. Actualmente también se ha aceptado que una combinación de factores, como los cambios climáticos, cacería y/o disminución de recursos, puede causar la extinción de las especies, siendo en algunos casos la disminución del área climática disponible para la especie una importante causa de su extinción. La evolución de las especies y la tolerancia climática parecen jugar un papel importante en la migración y distribución de las especies así como en los procesos evolutivos asociados. Es por eso que aún hoy en día siguen vigentes muchas de las ideas desarrolladas por Darwin y por Wallace (padre de la Biogeografía). Ellos lograron incorporar el área de la geología, paleontología y geografía en el entendimiento de cómo se originan las especies, ya sea por formación de barreras geográficas, así como las primeras ideas de dispersión y aislamiento que causan los actuales patrones de distribución de las especies, asimismo han dado pie a estudios de competencia entre especies parecidas por tener similitudes ecológicas y a la modificación por adaptación a las condiciones ambientales. En este caso, Sudamérica es uno de los sitios más importantes en cuanto a biodiversidad se refiere, es sin duda un interesante laboratorio natural biogeográfico que desencadenó tanto para Darwin como para Wallace creativa inspiración y nos proveen así de un gran avance sobre desarrollo del conocimiento de la distribución geográfica de los organismos.

THE GREAT AMERICAN BIOTIC INTERCHANGE. North and

South America were separated for more than 65 million years. Biotics evolved independently on each subcontinent until 2.5 million years ago, when the two zones became linked via the Panama Isthmus. This intercontinental connection facilitated migration by species in both directions into new areas, a process that has been called the Great American Biotic Interchange. The Global Change and Biodiversity Lab at the MNCN is conducting research into ancient mammal distribution areas in America to improve our knowledge about the great speeches exchange.



1 memoria

os documentos, imágenes, reproducciones y obras que presenta el MNCN en la gran exposición dedicada a la figura de Charles Darwin constituyen un viaje a una de las épocas transcendentales para la Ciencias de la Vida. Evocar la figura del padre de la Biología moderna a través de estos objetos ayuda a comprender mejor la importancia de una personalidad que, con su teoría, provocó una revolución científica que transcendió mas allá de de las fronteras de la ciencia. Al colocar al hombre en su lugar junto a las demás especies, Darwin no humilló al ser humano, le trajo la buena noticia de que la humanidad pertenecía a la gran familia de la seres vivos.

(Más información sobre la exposición "La evolución de Darwin" en página 15)

MUSEO DE VERANO. Entre el agua y la tie-



MUSEO DE

Plan diario: De 8 a Plan diario: De 8 a 9, llegada de los niños y juego libre / De 9 a 11, primer bloque de actividades / De 11 a 12, tentempié y tiempo libre / De 12 a 14, 20 bloque de actividades / De 14 a 15 juego libre



MENTO DE VERANO PARA JÓVENES. Enredad@s en La Algaba. Primer turno, Primer turno, hasta el 12 de

MUSEO DE MUSEO DE IUSEO DE VERANO. Explorando el Museo. VERANO. ¿Natural o artificial? VERANO. Toda cubierta de flores. Excursión... iSorpresa! DÍAS DE

La diversidad

VERANO. C nombre de mariposa.

DÍAS DE

Henslow a Darwin en la que le invita a

Fósiles, Darwin



Actividad conjunta del Museo Nacional de Ciencias Naturales y del Real Jardín Botánico. Del 7 al 31 de julio. Para niñ@s entre 5 y 12 años de edad. Horario: De 10.00 a 14.00 h., con un descanso y tentempié entre 12.00 y 12.30 h. www.mncn.csic.es ACTIVIDADES PARA PÚBLICO INDIVIDUAL Información: Tel. 91 4111328 (ext. 1273). E-mail: ncn.csic.es

American Museum of Natural History

Tel. 91 411 55 90 (Mañanas de lunes a viernes) E-mail: mcncf557@mncn.csic.es

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CINE CIENTÍFICO Más información: Tel. 91 411 13 28 (ext. 1123)



Reconstrucción de Gliptodonte cuyo fósil fue desenterrado por Darwin en Argentina

MARTES

JUEVES



MNCN www.mncn.csic.es



Imágenes del España. ALBERTO GOMIS JAUME JOSA

Placa metálica con etiqueta del anís Hijos de Antonio Barceló.

Colección de Jaume Josa. Servicio fotográfico del Murco Nacional do Murco Nacional do Murco Nacional do Para Posa.

VERANO. Entre el agua y la tie-rra.

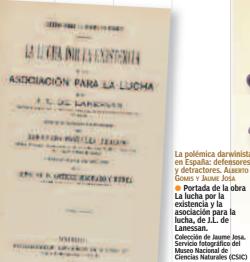
A

Iguana marina de las Galápagos.

American Muse Natural History

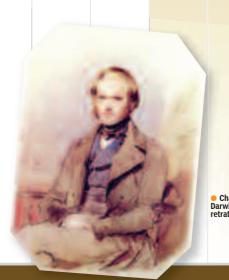
MIÉRCOLES JUEVES **VIERNES** SÁBADO DOMINGO LUNES MIÉRCOLES JUEVES MIÉRCOLES JUEV

septiembr



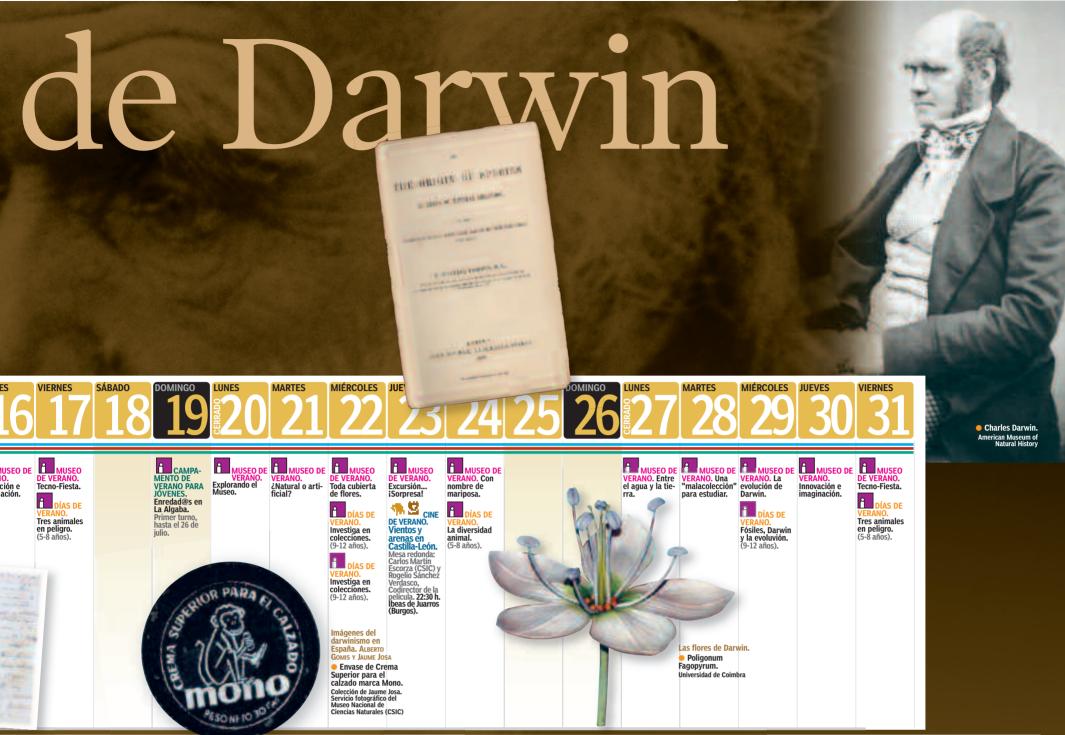
STREET, STREET **

 Portada de la obra La lucha por la existencia y la asociación para la lucha, de J.L. de Las flores de Darwin. Lilium Martagon. Lanessan.





Universidad de Coimbra







ф. 🗵

PROYECCIONES DE VIDEO CIENTÍFICO: MICROMATER, de Luis Juan González Paterna. Mesa redonda:

redonda:
Montserrat
Gomendio
Kindelán.
Profesora de
Investigación del
MNCN-CSIC,



 Selección artificial de palomas. A. F. Lydon (ilustrador) The Origin of Species. Charles Darwin, 1859.

American Museum of American Museum of Natural History







...considero el archivo geológico como una historia del mundo imperfectamente conservada y escrita en un dialecto cambiante: de esa historia sólo poseemos el último volumen... Cada palabra de ese lenguaje que varía lentamente... puede representar las formas orgánicas que están sepultadas en las formaciones consecutivas y que nos parece erróneamente que han sido introducidas de repente

DARWIN

y la Geología

AURELIO NIETO CODINA

Conservador de la Colección de Mineralogía MNCN. CSIC.

Tal fue el impacto en la ciencia y la cultura occidental causado por la publicación en 1859 de El origen de las especies, interpretada además en clave biológica, que se ha sumido en el olvido el trabajo como geólogo de Charles Darwin. En efecto, el período formativo del científico inglés (la década de los treinta del siglo XIX) está dominado básicamente por la geología^l, siendo su primer referente en este campo los "Principios de geología" de Charles Lyell.

La gran aventura científica de Charles Darwin fue su viaje alrededor del mundo en el buque H. M. S. Beagle entre 1831 y 1836. Es en este momento cuando entra en contacto con una extraordinaria diversidad de lugares y paisajes que amplían su visión como naturalista; además recolectó especímenes minerales hoy conservados en el Museo Sedgwick (Universidad de Cambridge). A las lecturas de Lyell y al viaje en el Beagle tenemos que añadir un tercer pilar que determina al Darwin geólogo: la obra de Alexander Von Humboldt, al que leyó con fervor y con el que mantuvo una interesante relación epistolar. Los dos gigantes de la ciencia decimonónica tuvieron un encuentro personal en Londres en 1842. Además, ambos coinciden en su interés por los fenómenos sísmicos, la vulcanología y las rocas ígneas.

La primera escala importante del **Beagle** fue Cabo Verde. En este archipiélago Darwin se fascinó por los fenómenos volcánicos y también recolectó conchas, sobre todo del tipo Turritellae; allí pudo comprobar las similitudes y las diferencias entre las conchas actuales y sus antecesores fósiles (en la figura 1 confrontamos dos *Strombus latus* de la isla Sal que se corresponden con investigaciones en curso en nuestro museo²). De todos modos, las observaciones mineralógicas más importantes las realizó Darwin en los islotes brasileños de São Pedro e São Paulo, en mitad del Océano Atlántico, las islas Galápagos y el cabo de Buena Esperanza. En este periplo recolectó ejemplares de hornblenda, vivianita,

limburgita, andesita, etc. (figura 2), que demuestran su interés por las formaciones volcánicas, y también por los medios diagenéticos asociados a la formación de fósiles.



Strombus latus de la isla Sal que se corresponden con investigaciones en curso en nuestro Museo. FIGURA 1 / SERVICIO DE FOTOGRAFÍA DEL MNCN

En las islas Malvinas - Falkland se interesó por los cuarzos (figura 3), fundamentales para que geólogos posteriores determinasen las relaciones entre la placa americana y la africana. En Sudamérica, su curiosidad científica derivó sobre todo hacia las tobas calcáreas, conocidas allí como las investigaciones geológicas de Darwin fueron publicados en tres partes separadas por un período de cinco años, aunque fueron concebidas y entendidas como capítulos de una obra global; en la edición de estas obras colaboró Smith Elder. Darwin anota en su diario en mayo de 1842



Toba como las que recolectó Darwin en Sudamérica

piedra "tosca", una cementación de carbonatos que se origina en las lagunas interiores de la Pampa argentina. Las rocas recogidas en este lugar se corresponden con dibujos estratigráficos de la zona en los que el autor señaló los correspondientes fósiles encontrados en cada estrato. En la figura 4 presentamos una toba española no muy distinta de las que recolectó Darwin.

Finalizado el viaje y de regreso a Inglaterra, los resultados de el costo de edición de la primera obra: Estructura y distribución de los arrecifes de coral, que fue de 140 libras, felicitándose además de que "la aportación financiera gubernamental fue más rápida de lo que pensaba". De todos sus escritos geológicos éste ha mantenido hasta la actualidad todo su valor científico, ya que insiste en la importancia de la subsidencia en la formación y desarrollo de las islas coralinas y los atolones, un descubrimiento que sólo fue admitido plena-



Hornblenda, Limburgita, Vivianita y Andesita, minerales que Darwin recolectó en su expedición. Figura 2 / SERVICIO DE FOTOGRAFÍA DEL MNCN



En las islas Malvinas - Falkland, Darwin se interesó por los cuarzos.

mente por la comunidad científica en los años cincuenta del siglo XX. La segunda obra, *Obser*vaciones geológicas sobre las islas volcánicas, fue publicada en noviembre de 1844, y presentaba un interesante mapa desplegable de la isla de Ascensión. El corpus geológico darwiniano culmina en Observaciones geológicas en Sudamérica, publicado en 1846. Finalmente, las tres partes aparecen juntas en un solo volumen en 1851. Este año marca el fin de lo que podríamos llamar "etapa geológica" de Charles Darwin, aunque en el resto de su carrera nunca abandonó su interés por este campo; sirvan de ejemplo una obra tardía realizada sobre observaciones llevadas a cabo en el jardín de su casa, estudiando el papel de las lombrices en la formación de los suelos fértiles, y también su interés por la rocas erosionadas por glaciares en el país de Gales.

Aportaciones de la Geología

Resta por preguntarnos qué aportó la geología al trabajo científico de Darwin y, en concreto, a sus revolucionarias teorías sobre la evolución. En primer lugar, aprendió en esta disciplina un método riguroso de observación de la naturaleza, aplicado a la descripción detallada de las formaciones rocosas y al análisis de las estructuras generales del paisaje; pero, sobre todo, desarrolló una capacidad de deducción que le permitió entender las líneas evolutivas como procesos lentos y muy prolongados en el tiempo, un razonamiento que deriva evidentemente del estudio previo de la duración de los periodos geológicos. Con todos sus matices, no olvidemos que el concepto de evolución también se aplicó al estudio de los cambios en los paisajes naturales. Además, Darwin aprendió de naturalistas como Humboldt el método comparativo, que le permitía contrastar lo observado en diferentes partes del mundo y valorar las aportaciones de otros científicos referidas a lugares que él no pudo visitar, pero hacia los que mostró un gran interés: nos estamos refiriendo sobre todo a las islas Canarias.

Por último, no podemos olvidar que los estudios pioneros en materia de fósiles (un asunto fundamental para el desarrollo de las teorías evolucionistas) corresponden en principio a geólogos como William Smith, un autor que aportó interesantes observaciones sobre la secuencia histórica de la Tierra que Darwin aprovechó de manera muy fructífera.

¹ El estudio definitivo de las relaciones entre Darwin y la geología lo ha realizado Sandra Herbert en 2005: 'Charles Darwin, Geologist", editado por Cornell University Press.

² Agradecemos a Ana Cabero del Río, que estudia las terrazas marinas en Cabo Verde, su colaboración facilitando los ejemplares de moluscos que se presentan en la figura 1.

DARWIN AND GEOLOGY. Char-

les Darwin's work as a geologist sank into oblivion as a result of the impact of his 1859 publication, On the origin of the Species. Darwin collected and studied minerals during his great scientific adventure around the world, and publish the results on his return. The three published papers were: Structure and distribution of coral reefs, Geological observations of volcanic islands, and Geological observations on South America, which were all printed together in 1851 in a single volume. This year marks the end of what Darwin called his "geological stage", although he never gave up his interest in this field.



Cuando estaba como naturalista abordo del Beagle, buque de la marina real, me impresionaron mucho ciertos hechos que se presentan en la destribución geográfica de los seres orgánicos que viven en América del Sur y en las relaciones geológicas entre los habitantes actuales y los pasados de aquel continente. Primera frase de El origen de las especies

LAS GALÁPAGOS Y DARWIN

Su impacto en el Ecuador

MARCO ALTAMIRANO BENAVIDES

Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. Director Ejecutivo

Colamente cinco semanas, entre los meses de sep-Otiembre y octubre de 1835, permaneció el Beagle en las Islas Galápagos, pero fue tiempo suficiente para que Charles Darwin se diera cuenta de que la historia natural de estas islas era notable y que la mayoría de sus especies tanto animales como vegetales no se encontraban en ninguna otra parte del mundo. Durante este tiempo Darwin visito islas como Santa Cruz, San

Cristóbal, Isabela, Fernandina y Santiago, en las cuales muchos animales llamaron su atención, pero sin duda alguna las aves y los reptiles tanto marinos como terrestres fueron los que más estimularon su imaginación. Los pequeños y frágiles pinzones, los siempre activos y curiosos cucuves o sinsontes, las enigmáticas tortugas gigantes y las asombrosas iguanas, ayudaron a Darwin a percibir la presencia de una larga cadena evolutiva que se remontaba a las formas más simples de la vida y que terminaban en las formas más evolucionadas. A pesar de encontrarse en este maravilloso escenario natural, Darwin en ese momento no tuvo ninguna respuesta a por qué las formas de vida eran tan diferentes en estas islas remotas de las del resto del mundo; sin embargo empezó a hacerse preguntas que más tarde se convirtieron en la base de sus famosas teorías sobre evolución a través de selección natural y el rol de la selección sexual en las relaciones intraespecíficas de los organismos. No cabe duda entonces la importancia que ha tenido el archipiélago de Galápagos en el entendimiento y desarrollo de las hipótesis darwinianas y neodarwinianas.

¿Pero qué ha pasado en este archipiélago después de la visita de Darwin?

 $E^{\rm pisodios\; relatados\; durante}_{\rm el\; viaje\; del\; Beagle\; indican\; cla-}$ ramente que los balleneros y residentes de las islas consumían cotidianamente la carne de tortuga gigante. El mismo Darwin menciona que durante su estadía en las islas probó la carne de tortuga en diversas preparaciones culinarias. Esto es una evidencia de que la historia de colonización de las islas ha sido el factor preponderante en el nivel de alteración ecológica y la interrupción de procesos evolutivos que han ocurrido en este sistema. La extirpación de poblaciones y extinción de especies nativas o endémicas son el resultado de la sobreexplotación de estos recursos o de la introducción de especies invasoras producida por la presencia humana a través del tiempo, comenzando quizá desde la época de piratas y balleneros, quienes básicamente diezmaron las poblaciones de algunas especies de tortugas gigantes e introdujeron casi con seguridad chivos y ra-

A pesar de esta problemática, el número de especies que se han extinguido en este archipiélago es mucho menor al número registrado en otros sistemas oceánicos, como en Hawai, Polinesia o el Mediterráneo. Afortunadamente el gobierno del Ecuador desde la toma de posesión de las islas como parte del territorio nacional ha mostrado un profundo interés y responsabilidad en proteger y conservar este ecosistema único en el mundo. Pero lo más importante es que la sociedad ecuatoriana ha desarrollado una conciencia ecológica que ha permitido reducir la frecuencia e intensidad de los posibles impactos que puedan alterar la salud ambiental de este archipiélago. Es así como en





Galápagos sigue siendo ese importante laboratorio natural en beneficio de la naturaleza. Iguanas y tortugas gigantes forman parte de este Patrimonio Natural de la Humanidad declarado por la UNESCO en 1979.

La sociedad ecuatoriana ha desarrollado una conciencia ecológica que ha permitido reducir los posibles impactos que puedan alterar la salud ambiental de este archipiélago.

1934 y 1936 algunas especies y ecosistemas de las Islas son declarados protegidos. Estos primeros esfuerzos por proteger este archipiélago se ven ratificados el 4 de julio de **1959**, cuando a través de un decreto ejecutivo **se** declara Parque Nacional el 97% del territorio terrestre de las islas y además se crea la Fundación Charles Darwin. En 1964 se establece la Estación Científica Charles Darwin en la isla Santa Cruz con el objetivo de generar información científica que ayude al Parque Nacional Galápagos en la toma de decisiones sobre el manejo de la flora y fauna de la región. El trabajo conjunto de estas dos organizaciones, que a través de una alianza simbiótica han logrado investigar, proteger, conservar y restaurar poblaciones y ecosistemas en las islas, fue premiado cuando en 1979 la **UNESCO** declara a esta provincia insular del Ecuador como Patrimonio Natural de la Humanidad.

Posteriormente se hacen esfuerzos para conservar no sólo el patrimonio terrestre sino también el marino, y es así como en 1986 se crea la Reserva de Recursos Marinos de Galápagos. En el mismo año el Parque Nacional Galápagos es incluido en la lista de las Reservas de la Biosfera por su singular valor natural científico y educativo.

El fortalecimiento jurídico como una herramienta para garantizar la protección y conservación de las Islas se ve fortalecido a través de la Constitución Política de la República del Ecuador de 1998, la cual dispuso que la provincia de Galápagos tenga un régimen especial, con la promulgación de una Ley Especial para su Conservación y Desarrollo Sustentable, v con ésta se declara Reserva Marina de Galápagos (RMG), con una superficie de 40 millas náuticas medidas a partir de la línea base del Archipiélago (puntos más salientes) y las aguas interiores. Esta decisión del gobierno ecuatoriano garantiza que todo el capital natural tanto terrestre como marino de las islas sea protegido y conservado, y que toda actividad en estas áreas protegidas sea sustentable. Es decir existe la firme convicción del Ecuador y su gente de que el legado de Darwin resista al tiempo manteniendo niveles de equilibrio ecológico que permita a Galápagos seguir siendo ese importante laboratorio natural en beneficio de la humanidad.

Si bien es cierto que en la actualidad la protección, conservación y desarrollo sustentable son las principales prioridades en esta región insular del Ecuador, recientes descubrimientos de nuevas especies de reptiles hacen pensar que la investigación básica, la cual se basa en el legado de Darwin, no debería todavía terminar su ciclo en este sistema insular. Los hallazgos de nuevas especies terrestres de iguanas y culebras corroboran que la investigación para la conservación de la diversidad biológica de las Islas Galápagos debería mantenerse como uno de los principales programas dentro de las actividades del Parque Nacional Galápagos y de la Fundación Charles Darwin.

INEW PERSPECTIVES SINCE DARWIN'S VISIT. Exploitation of the Galapagos turtle was reported by Darwin, who noted that the giant turtle's meat was often eaten by whalers who decimated the populations of several species. Fortunately, the Ecuador government, supported by a keenly aware Ecuadorian society, has designed the necessary legal tools to guarantee the islands' conservation.



La noble ciencia de la genealogía pierde esplendor por la extrema imperfección de sus archivos

CHARLES ROBERT DARWIN

En los museos



ANA M. CORREAS Doctora en Biología.

Este ano de celes...

Lientíficas -se cumple el ste año de celebraciones bicentenario del nacimiento

de Charles Darwin, considerado uno de los grandes científicos de toda la historia, y el 150 aniversario de la publicación de su obra magna El origen de las especies, pero también hace 400 años que Galileo dirigió su telescopio hacia al cielo y descubrió la irregularidad en la superficie lunar y la naturaleza de la Vía Láctea- los museos y centros de ciencia tienen agendas cargadas de acti-

vidades relativas a la teoría de la evolución y su autor. Las exposiciones, conferencias y presentaciones de ediciones completas de las obras de Darwin se están produciendo en todos los museos y centros de ciencia del mundo. Sin embargo, no siempre fue así. A pesar del impacto que las ideas darwinistas provocaron en el pensamiento de la segunda mitad del siglo XIX, la respuesta de los museos de historia natural no fue inmediata. En realidad, fue necesario que transcurriesen más de 25 años desde la publicación del *Origen* para que los museos se hiciesen eco de las ideas darwinistas.

Las primeras exhibiciones documentadas de la evolución darwinista se hicieron en el Museo Británico de Historia Natural de Londres¹. En 1887, bajo la dirección de Sir William Henry Flower, por primera vez el Museo dispuso una vitrina que ilustraba el impacto de la teoría evolutiva. En ella se podían contemplar distintas variedades de palomas, comenzando por un ejemplar de paloma *bravía*, considerada el ancestro de la paloma doméstica, con la cual hibrida. Ese mismo año, el 9 de diciembre, la revista *Jus*, que se autodenominaba 'órgano semanal de individualismo', publicaba el siguiente edito-

El Museo Británico de Historia Natural ha caído en manos de los darwinistas. El museo está siendo deliciosa y admirablemente organizado bajo la gestión más competente (pero) nuestros pequeños corretean por sus salas y, sin el conocimiento de sus padres o tutores, crecen como evoludero imprudente, peligrosa y poco sólida...'.

Sin embargo, esta oposición, que pudiera parecer hoy un tanto trasnochada, está de plena actualidad. En Estados Unidos las teorías creacionistas y el movimiento antievolutivo gozan de muy buena salud. En Europa, desde hace cinco años el creacionismo va ganando terreno. Así, en 2004 la ministra de Educación italiana, Letizia Moratti, eliminó la teoría de la evolución del currículo de las escuelas con el pretexto de que la enseñanza del darwinismo y la teoría evolutiva puede inculcar en los estudiantes una visión materialista de la vida (tras



Ilustración publicitaria de Anís del Mono "És famós/ a tot arreu". Dibujante: Junceda. colección de Jaume Josa.

numerosas protestas, el darwinismo fue parcialmente reincorporado). Dos años más tarde, miles de ejemplares del Atlas de la Creación, de Adnan Oktar, más conocido como Harun Yahya, eran distribuidos sin permiso previo entre escuelas, investigadores y centros de investigación turcos. Ese mismo año, el grupo creacionista británico

Hacia la **Biblioteca Digital Universal de Historia Natural**

ANTONIO G. VALDECASAS

na de las razones para digitalizar los textos de Historia Natural que no están sujetos a derechos de autor (todos los que tienen más de 70 años de antigüedad) es poder hacerlos accesibles sin límite, a través de Internet. Con ello se consigue potenciar el servicio de las bibliotecas públicas, como la de este Museo, permitiendo la lectura de sus textos a todos las personas interesadas desde cualquier parte del mundo. Y así se le da un sentido más profundo a este concepto de 'bibliotecas públicas' que, habiendo sido creadas y mantenidas con los impuestos de todos, es justo que todos puedan tener acceso a ellas.

En el año 2005, el Museo de Historia Natural de Londres, junto con la Universidad de Harvard y otras instituciones americanas. empezó un proyecto denominado BHL (Biodiversity Heritage Library - Biblioteca del Patrimonio de Biodiversidad) y al día de hoy tienen varios millones de páginas digitalizadas y de libre acceso a través de su página web: http://www.biodiversitylibrary.or q/. Allí se pueden encontrar todo tipo de publicaciones sobre aves, mamíferos, plantas y otros organismos, y en diferentes idiomas.

En mayo de este año 28 instituciones europeas de 14 países se han sumado al proyecto, que lleva el acrónimo BHL-Europe y que ha sido aprobado por la Comisión Europea. El Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) es el representante español en BHL-Europe. Durante tres años se establecerán los métodos estandarizados y se desarrollarán los sistemas informáticos que permitan poner en Internet los contenidos de las bibliotecas de estas 28 instituciones, las más importantes en Europa en Historia Natural. Lamentablemente, el proyecto no financia la digitalización de los fondos bibliográficos, que es un proceso costoso en tiempo y personal, para lo que el Museo deberá buscar financiación externa (aunque también se acepta la ayuda de voluntarios)

A través de esta nota queremos llamar la atención de todas las personas interesadas en la Historia Natural (especialistas o no) para que conozcan y hagan uso de este nuevo recurso. Pero también queremos hacer un llamamiento a cuantas personas, instituciones o empresas se brinden a colaborar con el Museo patrocinando esta iniciativa. (Persona de contacto: Antonio G. Valdecasas, valdeca@mncn.csic.es)

'La verdad en la ciencia' hacía llegar a todas las escuelas de enseñanza secundaria del

cionistas... el Gobierno no debería permitir país información sobre los peligros de la te- líneas les invitamos a que se acerquen al que la teoría darwinista del origen de las especies sea enseñada a expensas de todos aquellos que aceptan una hipótesis especial de creación ... (y) rechazamos pagar por la difusión de ideas falsas².

Entre las cartas al editor, uno de los autores afirmaba sentirse 'un ciudadano del Imperio que desea conocer si sus impuestos deben ser legítimamente destinados a la difusión de una idea especulativa que consioría evolucionista.

En los ambientes académicos aún resuena el escándalo de la publicación en 2007 del libro Creación y evolución: Conferencia con Benedicto XVI en Castel Gandolfo,³ en el cual el pontífice se permite el lujo de afirmar que la evolución no ha sido científicamente probada y que la ciencia ha constreñido innecesariamente la visión de la creación.

derechos civiles. En el siglo XIX, a pesar de las dificultades con las cuales se encontraba, William H. Flower perseveró en su empeño por mostrar al público del Museo las ideas de Darwin. Las vitrinas instaladas en el vestíbulo

El peligro ha aumentado tanto que en 2007

la Asamblea Parlamentaria del Consejo de

Europa -guardiana de los derechos huma-

nos en los estados europeos- urgió a los 47

estados miembros a que se opusieran 'fir-

memente' a la enseñanza del creacionismo

como una disciplina científica. El Consejo

de Europa publicó una versión provisional

de la resolución 1580: Los peligros del crea-

cionismo en la educación. En su artículo 4,

la resolución rechaza que 'el creacionismo

en cualquiera de sus formas, incluyendo el

diseño inteligente, pueda ser considerado

una teoría científica, aunque recomienda su

inclusión en clases de religión (artículo 16)'. Por último, la resolución concluía que la en-

señanza del creacionismo como una teoría

científica puede suponer una amenaza a los

del museo contenían ejemplares que ilustraban a la perfección las teorías evolucionistas. Ejemplos de mimetismo, adaptación, albinismo, mecanismo, formas intermedias, variaciones externas y la influencia de la domesticación en las palomas. Las vitrinas parecían ser 'las más populares del museo... pues atraen la atención de los visitantes, incluso de aquellos que probablemente no han leído a Darwin'⁴.

Por la misma razón, los museos del siglo XXI, ante las críticas vertidas contra la teoría de la evolución por diversos sectores ajenos a la ciencia, deben afirmar su compromiso con la transmisión del conocimiento crítico a su público. En 2008, la Red Europea de Museos y Centros de Ciencia (ECSITE) declaró que 'la evolución es una teoría científica basada en la evidencia. Las creencias religiosas quedan fuera del ámbito de la ciencia... Los museos y centros de ciencia tienen la obligación de promover el intercambio cultural entre distintos actores, pero siempre teniendo la ciencia como base de sus programas y contenidos'.

Las exposiciones y actividades conmemorativas de ambas efemérides darwinianas se pueden encontrar en museos y cen-

tros de ciencia de todo el mundo acercando al público el darwinismo y sus implicaciones. Y también los museos y centros de ciencia españoles se han sumado a este homenaje. Desde estas

museo y disfruten de los programas que hemos preparado.

¹ MacGregor, A, (2009). Exhibiting evolutionism. Journal of the History of Collections, 21 (1): 77-94 Jus (1887). Vol. 1, no. 49, 9. Diciembre

³ Stephan Otto Horn and Siegfried Wiedenhofer. Schöpfung und Evolution (Augsburg: Sankt Ulrich Verlag, 2007)

⁴ Daily Chronicle, 19 de mayo de 1891.



Sociedad de Amigos del Museo Nacional de Ciencias Naturales

■ Fue necesario que transcurriesen más de 25 años desde la publicación

del Origen para que los museos se hiciesen eco de las ideas darwinistas.

www.sam.mncn.csic.es/

LA SOCIEDAD DE AMIGOS DEL MUSEO colabora con el Museo de Ciencias Naturales en la difusión de sus actividades culturales, educativas y recreativas, científicas y de promoción de su patrimonio natural.

ZTE AMIGO DEL MUSEO

Tel: 91 411 13 28 extensión 1187 Fax: 91 564 50 78 E- mail: mcncf557@mncn.csic.es era médico y hombre de negocios, así que

tuvo una níñez

acomodada, como

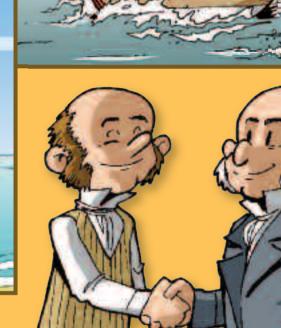
fue su situación

durante toda su



A los 16 años va a Edimburgo a estudíar a la universidad, y despés lo haría en cambridge. Cursó en ambos centros diferentes disciplinas de las ciencias naturales, como medicina, entomología, geología, zoología y botánica, que en conjunto eran sus aficiones desde que era níño.

A pesar de que en princípio sus padres de opusieron, en diciembre de 1831 embarcó en el HMS Beagle, que pretendía navegar por el Hemisferio Sur reuniendo información geográfica, cartográfica, geológica y zoológica a lo largo de cinco años. Y en efecto, así fue: visító, entre otras, zonas de Brasil, uruguay, Argentina, islas Malvinas, Chile, islas Galápagos, Nueva Zelanda, sur de Australía, isla Mauricio, África del Sur y de nuevo Brasil, para desde allí volver a Inglaterra en octubre de 1836.



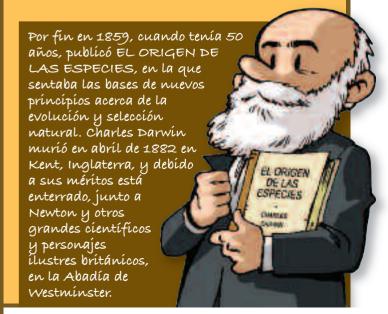
Durante el viaje Darwin hizo observaciones geológicas y recogió muestras, todo lo cual enviaba regularmente a Inglaterra para su catalogación y archivo. En Argentina hizo incursiones a caballo hacia el interior, descubriendo numerosos yacimientos de fósiles. En Chile fue testigo de un terremoto y durante su visita a las islas Galápagos se percató de que las tortugas tenían distinto caparazón de una a otra isla. Los marsupiales de Australia atrajeron especialmente su atención y sorpresa.

Durante los años

siguientes Darwin parece tener ansiedad por realizar numerosos trabajos científicos, lo que llegó a socavar su salud. Desde entonces se mostró enfermízo pero con coraje para afrontar los nuevos proyectos que ínvestigó. En 1844 se traslado a las afueras de Londres, a la mansión Down House, donde pudo concentrarse para escribir sus obras.



A su regreso a Inglaterra conoció a Charles Lyell, cuyo libro Principios de Geología había inspirado buena parte de sus observaciones dutrante el viaje del Beagle. Lyell era presidente de la Sociedad Geológica de Londres, en la que Darwin presentó algunos de sus trabajos en relación a su exploración y donde ingresó en 1837 debido a sus meritorias publicaciones que ya iban sucediéndose acerca de sus conclusiones respecto a lo visto durante su viaje en el Beagle.



MNCN MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES

PERMANENTES

Mediterráneo, naturaleza y civilización

Exhibe la fauna más destacada del área mediterránea y los ecosistemas que dan forma a sus paisajes, incluyendo las actividades humanas y las actuales amenazas a la conservación. Se nutre de los mejores ejemplares de los fondos del Museo, que explican la biodiversidad terrestre y marítima, viva y fósil, y se acompañan de dioramas que recrean los principales paisajes

mediterráneos.



Jardín de Piedras

Conjunto al aire libre de rocas y troncos fosilizados de las que se describen algunas de sus peculiaridades, así como el tipo de roca en función de su origen.



El Real Gabinete

Un viaje a través del tiempo en el ambiente del Real Gabinete de Carlos III, con la gran diversidad de rocas, fósiles, insectos, moluscos, peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos... que se han conservado en nuestras colecciones.



Graells y Darwin comparten espacio en el MNCN

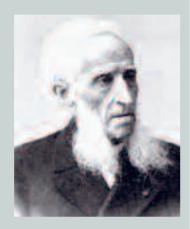
La exposición *Mariano de la Paz Graells,* 1809-1898. La aplicación de la Ciencia estará hasta enero de 2010

ISABEL IZQUIERDO Y CAROLINA MARTÍN

FICHA TECNICA: GRAELLS 1809-1898: LA APLICACIÓN DE LA CIENCIA. MNCN. La exposición es un claro testimonio de su trayectoria vital y se encuentra dividida en seis módulos (Graells, el hombre y el científico; A observar, estudiar y catalogar; El Museo de Graells; Dándole utilidad a la Ciencia; En la sociedad...; El legado). OR A: Museo Nacional de Ciencias Naturales junto a la Casa de las Ciencias de Logroño. SARIO: Emiliano Aguirre Enríquez COMISARIOS EJECUTIVOS: Isabel Izquier do Moya y Carlos Martín Escorza. COMI TÉ CIENTÍFICO ASESOR: Santiago Aragón, Paloma Blanco, Carolina Martín Albaladejo y Carmen Velasco. COORDINA CIÓN: Soraya Peña de Camús, ASISTE CIA A LA COORDINACIÓN: Áurea Gallego. DISEÑO MUSEOGRÁFICO: Alfonso Marra. DISEÑO GRÁFICO: Alfonso Nombela. FOTOGRAFÍAS: Jesús Muñoz y Fernando Señor (Servicio de Fotografía MNCN) y Jesús Juez Antonio. RI FACSIMILARES: Jesús Muñoz (Servicio de Fotografía MNCN). RESTAURACIÓN: Jesús Juez Antonio. MONTAJE: Antonio Ramírez, S.L. y Servicio Técnico MNCN FECHA: Hasta el 10 de enero de 2010.

El pasado día 25 de junio se inauguró en el Museo Nacional de Ciencias Naturales la exposición Mariano de la Paz Graells, 1809-1898. La aplicación de la Ciencia, organizada por el MNCN a propuesta de la Casa de las Ciencias de Logroño, en recuerdo a Graells en el segundo centenario de su nacimiento, y que fue inaugurada en esa ciudad el pasado mes de febrero. En números anteriores de este periódico se puede encontrar una reseña de la muestra y comentarios sobre la personalidad, actividades y multiplicidad de intereses de este naturalista, cuya vida se prolongó durante la casi totalidad del siglo XIX y es figura representativa del desarrollo de las Ciencias Naturales en la España de la época. Todo ello queda ilustrado en la exposición. Señalaremos aquí no obstante que, admirado por unos y objeto de críticas por parte de otros, son muchos los autores que desde distinto ángulo se han aproximado a su figura, componiendo en conjunto una imagen de luces y sombras que aún hoy día dista mucho de ser bien conocida.

Y dado que nuestro personaje y Charles Darwin, también nacido en 1809, comparten ahora espacio en las salas del Museo, recogemos aquí algunas frases de Graells que pueden resultar ilustrativas de sus ideas respecto al origen de las especies.



"... los estudios osteográficos comparativos entre los restos fósiles y los modernos (...) suministran (...) una prueba irrecusable de que tales especies se salvaron del diluvio, destinándolas Dios á repoblar la tierra. ¿Qué tipos nuevos aparecieron para sustituir las especies definitivamente perdidas? Desde el último diluvio, ninguno que yo sepa." [Graells, 1860]

"...querer nosotros por vía de pasatiempo instructivo, adelantar un paso en asunto tan profusamente discutido por los primeros naturalistas... tarea presuntuosa me parece que pudiera quizás conducirnos al ridículo" [Graells, s/f]

"Que se sea partidario de la teoría de Darwin... ó que se combatan sus principios generales, que tanta luz han derramado sobre las ciencias naturales (...) no podrá menos de reconocerse que ciertas causas (...) obran del modo más eficaz sobre los organismos, produciendo efectos incontestables. Nadie osará negar la herencia ó transmisión directa ó indirecta de los caracteres de los padres á sus descendientes, ni tampoco la facultad innata de los organismos para plegarse hasta cierto punto á las exigencias del combate por la vida, experimentando por esta causa modificaciones útiles, que designamos generalmente con el nombre de adaptación á los medios ambientes." [Graells, 1886]

"...el polimorfismo de la especie, descreído por varios, queda aquí demostrado de un modo incontestable; y los dichos de Lamarke, de Carus y Darwin se ven confirmados de un modo patente." [Graells, 1888]



ALBERTO GOMIS Y JAUME JOSA

Los libros de Darwin en España

■El Museo acoge hasta el próximo mes de enero una muestra de las ediciones españolas de las obras del científico inglés

ALBERTO GOMIS Y JAUME JOSA

FICHA TECNICA: EXPOSICION LOS LIBROS DE DARWIN EN ESPAÑA. Coincidiendo con el Día Internacional del Libro, se inaugura esta exposición sobre la bibliografía darwiniana en España. La exposición esta dispuesta alrededor de nueve temas, de los cuales los cuatro primeros tratan de las primeras ediciones sobre Darwin en España, por ejemplo El origen de las especies (Madrid, 1877). Los restantes temas muestran las obras del naturalista que fueron publicadas en nuestro país, en orden cronológico, desde el siglo XIX al siglo XXI.

ORGANIZAN: Departartamento de Publicaciones del CSIC y Museo Nacional de Ciencias Naturales. COMISARIOS: Alberto Gomis Blanco

y Jaume Josa Llorca. COORDINADORES: Soraya Peña de Camus y Francisco Pelayo López. FECHA: Hasta el 10 Enero 2010.

El pasado día 23 de abril, coincidiendo con el Día Internacional del Libro, se inauguró en el Museo la exposición Los libros de Darwin en España. Asistieron a la inauguración Francisco Montero de Espinosa, vicepresidente de Organización y Relaciones Institucionales del CSIC, Alfonso Navas, director del MNCN, y Miguel Ángel Puig-Samper, director del Servicio de Publicaciones del CSIC, quienes recorrieron la muestra acompañados por los comisarios de la misma, Alberto Gomis y Jaume



La exposición recoge una muestra exhaustiva de los libros de Darwin editados en España en castellano, catalán, eusquera, gallego e inglés, y está basada en la *Bibliografía crítica ilustrada de las obras de Darwin en España (1857-2008)*, obra editada por el CSIC, de la que son autores los propios comisarios, en la que se recogen 223 obras de Darwin editadas en España hasta finales del 2008.

Los libros están repartidos en nueve escenarios, al frente de

los cuales un panel ilustra de las principales características de cada uno. Los cuatro primeros escenarios corresponden a las cuatro primeras ediciones de obras de Darwin en España. A saber: la "Geología" de Darwin publicada dentro de la obra colectiva Manual de Investigaciones Científicas (Cádiz, 1857), El origen del hombre. La selección natural y la sexual (Barcelona, 1876), El origen de las especies (Madrid, 1877) y el *Viatje d`un na*turalista alrededor del mon, fet a bordo del barco «Lo Llebrer» (The Beagle) desde 1831 a 1836 (Barcelona, 1831 a 1836), ésta última publicada en fascículos que se incorporaban al *Diari Català*.

Los cinco escenarios restantes corresponden a cinco épocas cronológicas: obras de Darwin publicadas en España en el siglo XIX; las publicadas en España entre 1901 y 1936; las aparecidas durante el franquismo (1939-1975); las publicadas en España en el último cuarto del siglo XX (1976-2000) y las que se han editado en el siglo XXI (2001-2009).

La exposición, que está instalada en la primera planta del Museo, puede visitarse hasta el mes de enero del próximo año.

ITINERANTES

Jardín Educativo del Monte Mediterráneo

Espacio donde se representan ambientes de tipo mediterráneo con unidades botánicas presentes en la Comunidad de Madrid.





150 años de Ecología en España. PERIÓDICO DEL MNCN/LUIS MENA

Ciencia para una tierra frágil Un recorrido por la historia

de la ecología en España. Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia: Hasta el 30 de agosto de 2009.

Olvidados por Noé

Mamíferos, ya extinguidos, que poblaron la Península Ibérica antes de la presencia humana.

Viviendo con volcanes

Cómo se producen los procesos volcánicos y su influencia en los seres humanos.

Cubiertas animales

Dedicada a las diferentes cubiertas (piel, plumas, escamas, pelos...) que recubren a los animales y a los seres humanos.

El Pacífico inédito: 1862 - 1866

90 fotografías realizadas durante la expedición científica española al Pacífico que zarpó de Cádiz en 1862.

Mitología de los dinosaurios

Se pueden observar varios esqueletos de estos gigantescos seres y maquetas de reconstrucciones Futura inauguración en Sala de Geología del



La evolución de Darwin

■El MNCN cierra el "Año de Darwin" con una notable exposición que incorpora elementos del American Museum of Natural History de Nueva York, el Museum of Science de Boston, el Field Museum de Chicago, el Royal Ontario Museum de Toronto y el Natural History Museum de Londres

ANA PANERO/ MNCN

FICHA TECNICA: La evolución de Darwin Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) ÁMBITOS TEMÁTICOS: El contexto científico antes del siglo XVIII. Los precursores de Darwin. Historia y biografía de Darwin. La ge

nética. El darwinismo en España. ORGANIZAN: Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Fundación Banco Santander y Fundación Calouste Gulbenkian.

OS: Soraya Peña de Camús y José

ORAN: Sociedad de Amigos del Mu seo, Embajada de Ecuador en España, American Museum of Natural History de Nueva York, Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT) y Air Comet.

Incorpora elementos de la muestra Darwin, organizada por el American Museum of Natural History de Nueva York), en colaboración con el Museum of Science de Boston, el Field Museum de Chicago, el Royal Ontario Museum de Toronto y el Natural History Museum de Londres. FECHAS: Del 10 de julio de 2009 al 10 de ene-

lo largo de este año, el Museo ANacional de Ciencias Naturales (CSIC) ha celebrado el bicentenario del nacimiento de uno de los científicos más ilustres de todos los tiempos, Charles Darwin. A su figura y teorías se le han dedicado desde el MNCN un ciclo de conferencias y proyecciones de cine científico. Conmemorando también los 150 años de la publicación de su obra más relevante El origen de las especies (1859), el Museo acoge desde abril una exhaustiva muestra de las obras de Darwin publicadas en nuestro país. Ahora, y para completar estos eventos, el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) mostrará al público la notable exposición La evolución de Darwin.

Objetos que han hecho historia.

Uno de los grandes atractivos de esta exposición es la variedad de objetos y piezas de valor incalculable que podrán descubrir los visitantes. El público podrá disfrutar de la reconstrucción del Gabinete de Curiosidades de Ole Worm de 1655, con piezas del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) y del



Recreación de una tortuga gigante de Galápagos.

Museo Nacional de Antropología, diversos pliegos de herbarios y libros de botánica del siglo XVIII, material audiovisual, cartas manuscritas por Darwin, varios facsímiles e incluso una momia egipcia de Ibis.

Un recorrido por La evolución de **Darwin.** El objetivo principal de la exposición es mostrar de una forma actualizada las bases y principios científicos en los que se sustenta la Teoría de la Evolución. Para conseguirlo, es primordial que el público se adentre en el desarrollo del trabajo de Darwin, desde la situación científica en el que se gestó hasta las repercusiones que siguen dándose en la actualidad.

Contexto científico antes del XVIII. El mundo antes de Darwin.

Gracias a las investigaciones de Copérnico, Galileo y Newton, la Humanidad había encontrado su lugar en el universo. Pero el estudio de los seres vivos todavía no se basaba en ningún conjunto de leyes que explicara las adaptaciones observadas en las plantas y los animales, ni la existencia de una extraordinaria diversidad de formas vivas.

Los gabinetes de curiosidades, albergaban una fantástica mezcla de especímenes auténticos y de artefactos. El gabinete de Ole Worm -reproducido en esta exposición- fue uno de los más famosos.

Los precursores de Darwin. Contexto religioso-social de la épo-

ca. En el siglo xvIII se dedicaron grandes empeños a describir y clasificar el mundo natural. *La* evolución de Darwin alude al naturalista sueco Carl von Linneo (1707-1778), quien consideraba que las especies habían sido creadas por Dios, pero no interpretaba el Génesis al pie de la letra y admitía que pudieran aparecer nuevas especies por hibridación.

Había llegado el momento de rebatir la idea bíblica del tiempo, que atribuía a la Tierra una existencia de tan sólo unos pocos miles de años. Fue Georges Cuvier (1769-1832) quien estableció definitivamente la extinción de grupos biológicos ancestrales a través de fósiles de mamíferos gigantes de los que no existían especies vivas.

SONIA MARTÍNEZ

Estos antecedentes propiciaron que a principios del siglo XIX, los pensadores más audaces comenzaran a formular la hipótesis de que las especies se habían modificado a lo largo del tiempo y descendían de antepasados comunes. El más influyente de tales estudiosos fue el naturalista Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829).

Y entonces llegó Darwin...

Historia y biografía de Darwin.

Charles Darwin nació el 12 de febrero de 1809 en Shrewsbury, Inglaterra. Desde muy joven, dedicó gran parte de su tiempo a estar en contacto con la naturaleza.

En agosto de 1831, Darwin recibió una carta de su profesor y mentor en Cambridge, J. S. Henslow, en la que le invitaba a emprender un viaje alrededor del mundo como naturalista a bordo del HMS Beagle. Fueron muchas las especies de animales y vegetales que fascinaron a Darwin durante la travesía. Pulpos, fósiles, tortugas, pinzones, iguanas terrestres y marinas de las Islas Galápagos y armadillos de Argentina se exhiben ahora en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) como referencia a los ejemplares exóticos que le ayudaron a esbozar su teoría.

La Genética. Este cuarto espacio se dedicará a los desarrollos de la investigación en biología evolutiva, la genética y sus avances en las últimas décadas hasta llegar a las modernas teorías y aplicaciones que en la actualidad se están llevando a cabo.

El darwinismo en España. Uno de los aspectos más interesantes de esta exposición es también uno de los menos conocidos: la repercusión de las teorías de Darwin en España. Cabe destacar dos figuras fundamentales españolas, tanto por su vinculación al Museo Nacional de Ciencias Naturales como por su conexión con los trabajos de Darwin. Se trata de Félix de Azara y Antonio de Zulueta.

El darwinismo en el siglo XXI. El mensaje que hoy extraemos de Darwin es muy distinto al que se utilizó erróneamente hace ahora un siglo. Una vez superado el llamado darwinismo social y la eugenesia y dejando de lado la resistencia religiosa, nos encontramos con un mensaje positivo del darwinismo.

DIRECCIÓN Y ORGANOS DE GESTIÓN DEL MNCN DIRECTOR: ALFONSO NAVAS SÁNCHEZ | VICEDIRECTORA DE INVESTIGACIÓN: MARÍA ÁNGELES RAMOS SÁNCHEZ | VICEDIRECTOR DE EXPOSICIONES Y PROGRAMAS PÚBLICOS: ALFONSO NAVAS SÁNCHEZ **GERENTE:** MARÍA ÁNGELES AZCÚNAGA TEMPRANO



PERIÓDICO DEL MNCN COORDINADOR CIENTÍFICO: CARLOS MARTÍN ESCORZA | COORDINACIÓN: ANA PANERO GÓMEZ, ȚERESA GARCÍA DÍEZ | REDACCIÓN: LAURA CORCUERA, RICARDO CURTIS, ÁNGEL GARCÍA, RODRIGO PASCUAL, ALBERTO LABARGA. ROBERTO PERAL I COLABORAN: IUAN MORENO, LUIS BOTO LÓPEZ, ANTONIO ROSAS, MARKUS BASTIR, ANTONIO GARCÍA TABERNERO, IOAOUÍN ORTEGO. MARIANA MUNGUÍA CARRARA, AURELIÓ NIETO CODINA, MARCO ALTAMÍRANO BENAVIDES, ANA M. CORRÉAS, ANTONIO G. VALDECASAS, ALBÉRTO GOMIS, JAUME JOSA, ISABEL IZQUIERDO MOYA SORAYA PEÑA DE CAMUS, AMÉRICO CERQUEIRA | CÓMIC: JORDI BAYARRI | INFOGRAFÍA: JESÚS QUINTANAPALLA | CARICATURA: JOSÉ M. CEBRIA | FOTOGRAFÍA: JESÚS MUÑOZ Y FERNANDO SEÑOR (SERVICIO DE FOTOGRAFÍA MNCN), SONIA MARTÍNEZ, JUAN MORENO, JAUME JOSA, ANTONIO ROSAS, MARKUS BASTIR, ANTONIO GARCÍA TABERNERO, GUSTAU CALABUIG, JORGE CASSINELLO, MARIANA MUNGUÍA CARRARA, MUSEO ECUATORIANO DE CIENCIAS NATURALES, JESÚS JUEZ, LUIS MENA, WIKIPEDIA, SERVICIO FOTOGRAFÍA MNCN | TRADUCCIÓN: JAMIE LÁSZLÓ BENYEI | AGRADECIMIENTOS: Aúrea

Gallego, Sociedad de Amigos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, La Tienda del Museo de Ciencias | **DISEÑO Y PRODUCCIÓN EDITORIAL:** DIARIO DE LOS DINOSAURIOS diariodelosdinosaurios@gmail.com | **D. L. BU/503-2006** | **IMPRIME:** ALTAVIA IBÉRICA | EDITA: **MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES,** JOSÉ GUTIÉRREZ ABASCAL, 2 - 28006 MADRID. TEL: 91 411 13 28. FAX: 91 564 50 78. www.mncn.csic.es CORREO ELECTRÓNICO: mncnperiodico@gmail.com Si quieres expresar tu opinión, hacer algún comentario sobre los artículos expuestos o colaborar en el Periódico del MNCN puedes escribir a la dirección de los correos electrónicos que hemos abierto para aquellas personas que nos leen.

comunicacion@mncn.csic.es mncnperiodico@gmail.com eriodico.htm se ha habilitado un espacio donde están disponibles en pdf tod Este espacio acogerá también los comentarios de los lectores.

