

LAS EXTINCIONES EN EL PASADO, PREVISIÓN PARA EL FUTURO



JAN VAN DER MADE

Departamento de Paleobiología,
MNCN-CSIC

Las cinco grandes extinciones han sido hace 444, 375, 251, 200 y 66 millones de años, cuando se extinguieron entre el 75 y 96% de las especies. Según algunos, estamos viviendo la sexta, que ha afectado al mamut (Fig. 1), y que va en aumento.

A lo largo de los años han ido ocurriendo numerosos pequeños eventos de extinción que nos pueden dar pistas sobre el futuro desarrollo de la presente ola. La crisis del Vallesense fue reconocida por primera vez en base a fósiles del Vallés-Penedés (Cataluña). Se extinguieron los homínidos primitivos que vivían en Europa y otros animales, como ocho especies de jabalíes. Europa nunca ha recuperado esta biodiversidad. Desaparecieron también plantas tropicales o subtropicales. Esto fue provocado por una fuerte bajada de la temperatura y un aumento de la estacionalidad, concentrando la producción de fruta en una parte del año y provocando así la extinción de animales frugívoros, como estos homínidos y algunas especies de jabalí.

La figura 2 muestra estas extinciones, igual que los gráficos donde hoy vemos el desarrollo de la pandemia cada noche en el telediario. Aquí, la escala de tiempo no son días, sino millones de años, y en vez de la incidencia y los fallecidos se muestran las extinciones en números y en porcentajes de las especies

(como la incidencia por cada 100 000 habitantes). Al igual que las olas de la pandemia, se aprecia un patrón de picos de extinciones. E igual que una desescalada demasiado rápida provoca una nueva ola, las extinciones también tienen sus causas.

Todos conocemos el «efecto invernadero»: provocamos un aumento en CO_2 y esto nos trae temperaturas más altas y aumento del nivel de los océanos debido a la descongelación de los glaciares en la Antártida y en Groenlandia. Esta conexión ha funcionado también en el pasado y se puede ver en la figura 2 cómo las variaciones en CO_2 , la temperatura y el nivel de los océanos son parecidas, aunque no idénticas, por otros factores que también influyen. Las curvas en esta figura se parecen hasta en las variaciones más pequeñas, porque están relacionadas con unos ciclos que dependen de la manera en que la Tierra gira alrededor de su eje y alrededor del Sol. Los ciclos más conocidos tienen periodicidades de aproximadamente 20 000, 40 000 y 100 000 años, afectan a la estacionalidad y dieron lugar a las glaciaciones. Hay sitios donde se puede observar la expresión de alguno de estos ciclos en la alternancia regular de sedimentos de diferentes colores o tipos (Fig. 3). Como los diferentes tipos de ciclos son de duración distinta, a veces sus efectos sobre el clima se suman y en otros momentos se contrarrestan. Cuando suman, se producen los picos más grandes que vemos en los gráficos y estos son los que producen extinciones (marcadas con líneas amarillas en la figura 2), sobre todo cuando se alcanzan nuevos valores récord de baja temperatura y CO_2 .

■ Yacimiento Gran Dolina de Atapuerca,
España. Nivel TD-10.
Foto: Jan van der Made.

«LOS CAMBIOS EN EL NIVEL DE CO₂ PROVOCADOS EN MUY POCO TIEMPO POR LA ACTIVIDAD HUMANA SON MAYORES QUE LOS CAMBIOS DESDE HACE 14 MILLONES DE AÑOS»

En sí, estas variaciones en CO₂, temperatura, estacionalidad y nivel de los mares han tenido un efecto directo sobre la vegetación y la fauna, pero lo que ocurre va mucho más allá. La variación de CO₂ es igual en toda la tierra, pero no así la temperatura. El balance entre los dos influye en la competencia entre plantas con diferentes tipos de fotosíntesis (las llamadas C₃ y C₄). La continua bajada de CO₂ produjo la evolución de plantas C₄ (muchas de ellas gramíneas), la expansión de sabanas y estepas, la evolución de herbívoros pastores y la extinción de ramoneadores. De esta manera, no solamente cada fluctuación de CO₂ modifica la distribución de los paisajes, sino también el valor nutritivo de las plantas: más CO₂, más proporción de azúcar y almidón y menos proteínas, hierro y zinc. La ingesta insuficiente de estas sustancias puede provocar un crecimiento menor y varias patologías. Rumiantes y otros herbívoros digieren la proteína de diferente forma y eficacia y, así, algunos serán beneficiados y otros perjudicados por estos cambios de CO₂.

El nivel de CO₂ bajó de un valor de casi 450 partes por millón (ppm), hace 14 millones de años, hasta el nivel preindustrial (228 ppm). Pero ahora el nivel de CO₂ ya no sigue la tendencia natural. La actividad humana lo ha aumentado hasta más de 400 ppm y se prevé que llegará a unas 600 ppm dentro de veinte años, y este aumento en CO₂ es preocupante porque puede poner en peligro la salud de casi 150 millones de personas que dependen para su alimentación de arroz, cereales y patatas, y que tienen insuficiente acceso a la alimentación más rica en proteínas. Los cambios en el nivel de CO₂ provocados en muy poco tiempo por la actividad humana son mayores que los cambios desde hace 14 millones de años, cuando Europa tenía un óptimo climático que era casi tropical. El clima está cambiando y tendrá muchos efectos sobre la flora y la fauna. Deberíamos ir hacia una

nueva glaciación y, sin embargo, vamos en dirección contraria. Lo mejor para la población humana sería que no cambiara nada. Dada la presión del ser humano sobre la naturaleza, la flora y la fauna sufrirán más que en momentos de cambio anteriores.

Hasta ahora las extinciones y la evolución de nuevas especies se han mantenido en equilibrio. Sin embargo, la presión humana perjudica cada vez más el origen de nuevas especies y produce una fragmentación de la vegetación natural y de las poblaciones animales. El aislamiento de pequeñas poblaciones resulta en endogamia y en la consecuente pérdida de variabilidad genética. Esto último puede producir enfermedades como la hemofilia (conocida por los frecuentes matrimonios entre casas reales) y disminuye la viabilidad de la especie. En la actualidad hay muchas especies con una viabilidad perjudicada y la extinción de una parte de ellas es cuestión de tiempo.

Aun si actuáramos ahora, los efectos de lo que hemos provocado en el pasado perdurarán. Estamos calentando la capa superior de los océanos, que tiene un espesor de menos de cien metros. En algunos lugares esta agua baja y, como una capa de varios kilómetros de espesor, circula lentamente en dirección contraria y cuando emerge de nuevo a la superficie devuelve el calor.

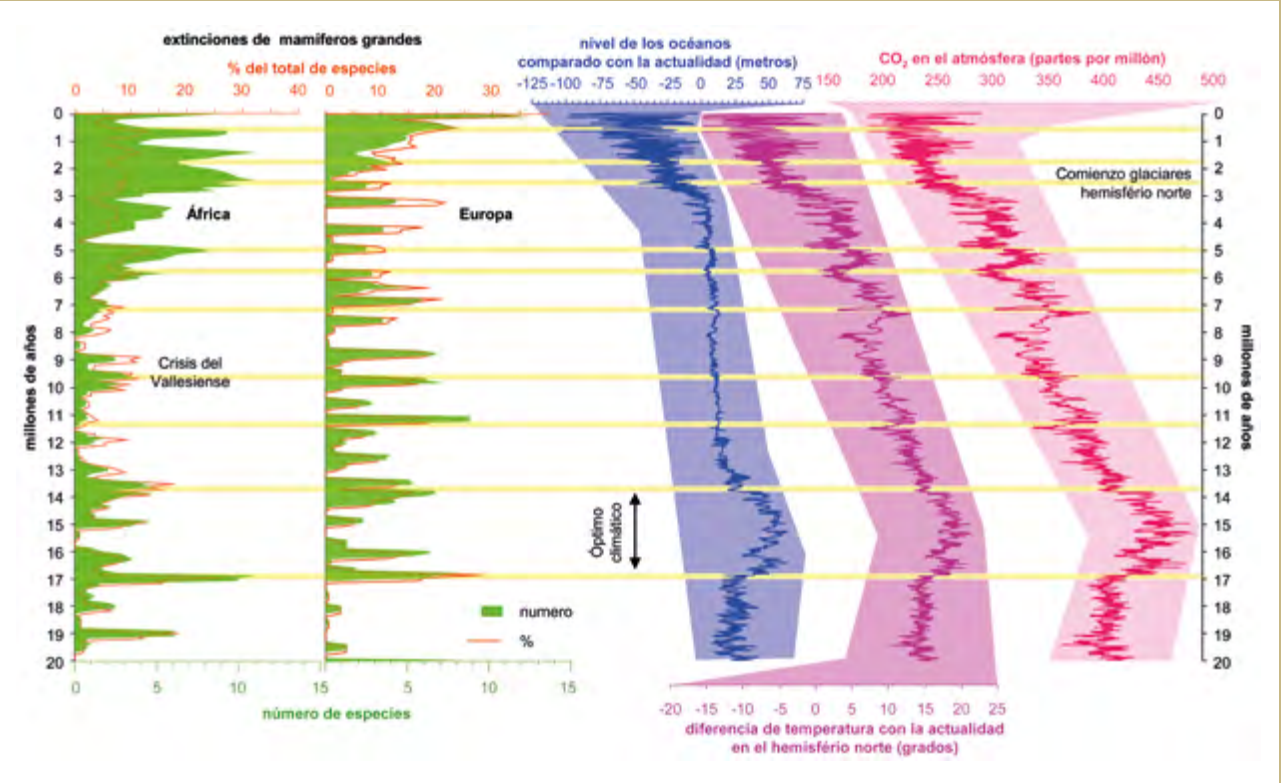
La subida actual del CO₂ es mayor que la bajada en los últimos 14 millones de años, cuando el nivel de los océanos era 50 metros más alto. Visto así, sorprende la previsión de una subida de solamente unos pocos metros. Vemos cómo está la situación en Venecia. Aún en los escenarios más optimistas, desaparecerán algunos países isleños del Pacífico y se podrá inundar parte de un país como Bangladesh, desplazando a decenas de millones de personas.

Además, estamos cambiando el ambiente de muchas otras formas. Un ejemplo lo tenemos en Argelia, donde participo en la excavación de un yacimiento

Figura 1. Reconstrucción del mamut lanudo por Charles Robert Knight (1874-1953).

Figura 2. Las extinciones de las especies de mamíferos grandes (promedios corrientes) en Europa occidental y África en los últimos 20 millones de años comparado con el nivel de los océanos, las variaciones de temperatura y la concentración de CO₂ en la atmósfera. Datos de Van der Made, 2014; Van de Wal *et al.*, 2010.

Figura 3. Alternancias cíclicas con origen astronómico en los sedimentos de la Formación Trubi en Lido Rosello, Sicilia. Foto: trolvag CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons.



excavado a gran escala en tiempos coloniales. Para poder excavar las partes más bajas del yacimiento se bombeaba el agua freática. Ahora no hace falta bombear porque el nivel freático está mucho más abajo. Las poblaciones de muchos países áridos crecen rápidamente y la agricultura para alimentar a esta gente va vaciando los acuíferos. ¿Qué pasará cuando esta agricultura se colapse? Hay cientos de personas que mueren en el Mediterráneo buscando un futuro mejor y esto no parece que vaya a mejorar.

Las extinciones provocadas por nuestra especie comenzaron hace 50000 años. La actividad humana ha aumentado cambiando el ambiente de diferentes formas, recientemente con pesticidas, otros productos químicos y microplásticos. Hay mucha gente que nunca ha visto un animal grande libre en la naturaleza y ya empezamos a ver menos insectos. Algunos de los cambios que hemos puesto en marcha no tienen precedentes en la naturaleza y otros van a ser a mayor escala que los cambios en la **figura 2**.

No sabemos cómo va a terminar esto, pero deberíamos actuar ya. ■

PARA SABER MÁS

Medek, D. E., Schwartz, J., & Myers, S. S. (2017). Estimated effects of future atmospheric CO₂ concentrations on protein intake and the risk of protein deficiency by country and region. *Environmental Health Perspectives*, 125(8), 087002.

Ruddiman, W. F. (2005). *Plows, Plagues and Petroleum: How Humans Took Control of Climate*. Princeton University Press.

Van de Wal, R. S. W., Boer, B. D., Lourens, L. J., Köhler, P., & Bintanja, R. (2011). Reconstruction of a continuous high-resolution CO₂ record over the past 20 million years. *Climate of the Past*, 7(4), 1459-1469.

Van der Made, J. (2014). Late Pleistocene European and Late Miocene African acceleration of faunal change in relation to climate and as a background to human evolution. *Quaternary International*, 326-327, 431-447.

■ El autor (dcha.) en el hallazgo de una tortuga gigante en Argelia.
Foto: Jordi Mestre.



REFLEXIONES

- ¿Qué nos aporta la ciencia?
- La ciencia nos sirve para entender el mundo.
- ¿Qué es lo más emocionante de tu carrera como investigador?

Soy paleontólogo y lo que me interesa es la evolución y la biogeografía. Para obtener datos hace falta

excavar o buscar fósiles en el campo, estudiarlos en el laboratorio y comparar los datos en el despacho, generalmente utilizando el ordenador. Contrariamente a lo que sería de esperar, no recuerdo ninguna emoción al encontrar un fósil en una excavación. Cuando estudio fósiles tengo la satisfacción de que aprendo y obtengo datos, lo que me emociona es ver que los datos encajan, que puedo demostrar algo o que he encontrado algo nuevo (aunque sea muy pequeño).

Autores

Aida Verdes
Alfonso V. Carrascosa
Ana I. Camacho
Ana Rey
Anabel Perdices, Belén Martínez Olmedo y Annie Machordom
Andrés Bravo-Oviedo, Elena D. Concepción, Fernando Valladares y Raquel Benavides
Annie Machordom, Violeta López-Márquez e Iván Acevedo
Antonio G. Valdecasas
Antonio Rosas González
Asunción de los Ríos
Borja Milá
Caridad Zazo, Javier Lario, Teresa Bardají y Jose Luis Goy
Carlos Alonso Álvarez
Carmen Ascaso
Carolina Martín Albaladejo
Carolina Noreña
David R. Vieites
Diego Gil
Eduardo Roldán
Fernando Garrido
Fernando Valladares
Gerardo Benito y Varyl R. Thorndycraft
Gonzalo Almendros, Fco. Javier González-Vila, José A. González-Pérez y José María de la Rosa
Ignacio De la Riva
Ignacio Doadrio y Gema Solís
Íñigo Martínez-Solano
Ismael Galván
Jacek Wierzchos
Jaime Bosch
Jan van der Made
Javier García Guinea
Joaquín Hortal
Jorge M. Lobo
Jorge Morales
José Javier Cuervo y Anders Pape Møller

José Luis Nieves Aldrey
José Pablo Veiga
José Templado
Juan Antonio Fargallo
Juan Carlos Alonso
Juan José Sanz Cid
Luis Boto, Manuel Pineda y Rafael Pineda
Luis M. Bautista y Paula Bolívar
Luis María Carrascal
Luis Sánchez-Muñoz
María Ángeles Bustillo
Manuel J. Salesa, Gema Siliceo y Mauricio Antón
María Ángeles Ramos y Manuel Sánchez Ruiz
María José Jiménez y Mariano García Fernández
María Teresa Alberdi y José Luis Prado
María Teresa Aparicio Alonso y Esteban Álvarez-Fernández
María Valladolid
Mario Díaz
Mario García París
Markus Bastir
Marta Barluenga
Miguel B. Araújo
Óscar Soriano
Pablo Peláez-Campomanes
Patrick S. Fitze
Rafael Márquez
Rafael Zardoya y Manuel Jiménez Tenorio
Raúl Benito
Robert J. Wilson, Mario Mingarro, Guim Ursul, Juan Pablo Cancela y Mercedes París
Salvador Sánchez-Carrillo y Miguel Álvarez Cobelas
Santiago Merino Rodríguez
Sergio Sánchez-Moral, Soledad Cuezva Robleño, Ángel Fernández-Cortés, Tamara Martín-Pozas y Naomi Seijas Morales

Reservados todos los derechos por la legislación en materia de Propiedad Intelectual. Ni la totalidad ni parte de este libro, incluido el diseño de la cubierta, puede reproducirse, almacenarse o transmitirse en manera alguna por medio ya sea electrónico, químico, óptico, informático, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo por escrito de la editorial.

Las noticias, los asertos y las opiniones contenidos en esta obra son de la exclusiva responsabilidad del autor o autores. La editorial, por su parte, solo se hace responsable del interés científico de sus publicaciones.

Catálogo general de publicaciones oficiales:
<http://publicacionesoficiales.boe.es/>



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



250 años
museo nacional de ciencias naturales

Coordinación: Cristina Cánovas Fernández.

© De la edición: Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC), 2021.

© De los textos, las ilustraciones y fotografías: sus autores.

Agradecimientos: Luis Martínez Ros, Xiomara Cantera y Antonio G. Valdecasas.

ISBN: 978-84-00-10928-8
e-ISBN: 978-84-00-10929-5
NIPO: 833-21-211-3
e-NIPO: 833-21-214-X
Depósito Legal: M-34488-2021

Diseño y Maquetación: Tau diseño. www.taudesign.com
Impresión: Punto Verde
Impreso en España. *Printed in Spain*

En esta edición se ha utilizado papel ecológico sometido a un proceso de blanqueado ECF, cuya fibra procede de bosques gestionados de forma sostenible.



En un momento en el que un virus ha detenido el mundo, es la imparable ciencia la que nos está devolviendo el movimiento, la vida. Este libro pretende recopilar una gran parte de la investigación que se realiza en el Museo Nacional de Ciencias Naturales como un homenaje a sus 250 años de historia. Más de 100 personas dedicadas a la investigación han participado en la elaboración de estos capítulos, con los que el lector podrá asomarse a una buena parte del planeta vivo y la gea que lo soporta: el cambio climático, el sonido y color de los animales, la biología en 3D, los meteoritos o los últimos refugios de vida en el desierto de Atacama son solo algunos ejemplos de la investigación tan fascinante que se realiza en este Museo.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



250
museo
nacional de
ciencias
naturales

NUESTRA INVESTIGACIÓN
AL ALCANCE DE TU MANO

MUSEO NACIONAL
DE CIENCIAS NATURALES



CSIC



MUSEO NACIONAL

DE CIENCIAS NATURALES.

NUESTRA INVESTIGACIÓN

AL ALCANCE

DE TU MANO



CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



Cristina Cánovas Fernández (Madrid, 1981), coordinadora de los capítulos de este libro, es licenciada en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid, con especialidad en Zoología. Ha ejercido de vicedirectora de exposiciones en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, donde lleva coordinándolas 15 años. Ha sido comisaria de la muestra «Un viaje fascinante de 250 años», en la que el ámbito dedicado a la investigación del museo se extrajo del material textual e iconográfico de este libro.



MUSEO NACIONAL

DE CIENCIAS NATURALES.

NUESTRA INVESTIGACIÓN

AL ALCANCE

DE TU MANO



Cristina Cánovas Fernández (Coord.)

*...la ciencia marcha adelante,
arrollándolo todo.*

El árbol de la ciencia, Pío Baroja.

PRÓLOGO

250 años de investigación al alcance de tu mano

El Museo Nacional de Ciencias Naturales es una de las instituciones científicas más antiguas de nuestro país, como demuestra el hecho de que se conmemore, en este año 2021, el 250 aniversario de su creación. La institución fue fundada por su majestad el Rey Carlos III como Real Gabinete de Historia Natural al adquirir la colección de Pedro Franco Dávila, al que nombró primer director. Ya desde entonces, la colección era más que un cúmulo de sorprendentes objetos naturales, como habían sido hasta poco antes los llamados gabinetes de curiosidades. El primer director se esmeró en colocar los objetos de la colección de acuerdo a las más modernas clasificaciones científicas de la época y pronto se comenzaron a realizar estudios sobre nuevas piezas provenientes de todos los lugares del imperio. En estos dos siglos y medio el ahora Museo ha sufrido todo tipo de avatares, pero siempre ha mantenido su afán por contribuir al avance científico y a su divulgación a la sociedad. Hoy en día, el Museo es uno de los institutos pertenecientes al Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y los casi 80 científicos que trabajan en sus instalaciones aportan cientos de publicaciones al año en áreas de investigación relacionadas con las ciencias naturales desde la paleontología a la ecología, desde el cambio global a la biogeoquímica y desde la biología evolutiva a la geología. En todos estos campos se desarrollan avances científicos cada año por parte de los investigadores del Museo, y en estas páginas van a encontrar un conjunto de contribuciones que resumen con gran precisión la investigación que hoy en día se desarrolla en nuestro centro.

Durante los últimos ocho años he tenido el honor de dirigir esta institución, lo cual me ha dado una nueva perspectiva sobre la investigación que se desarrolla en el Museo. Los investigadores vivimos a menudo encerrados en nuestros despachos, rodeados exclusivamente de la información que tiene que ver con nuestros intereses científicos concretos. Esto no es de extrañar en un mundo cada día más competitivo donde se publican avances científicos constantemente y está muy penalizado quedarse atrás. Sin embargo, desde la dirección de un centro tan complejo y multidisciplinar, se obtiene una visión de conjunto que muestra claramente los problemas que nos genera esta carrera por el descubrimiento. Cada investigador es un especialista en su área, pero desconoce en general lo que hace su colega en el despacho contiguo. Las interacciones entre científicos trabajando en asuntos aparentemente dispares son raras, a pesar de la cercanía física de los investigadores, y el desprecio por lo que hacen los demás con respecto a la propia investigación resulta frecuente. Aun comprendiendo que no

nos podemos permitir quedarnos al margen de este mundo de índices de impacto y número de citas en el que se ha convertido la valoración de la ciencia, desde un principio huimos en esta Dirección de la comparación de investigaciones provenientes de áreas distintas, ya que cada investigación debe valorarse en comparación con las de su propia temática y por expertos en ella. Además, promovimos la interacción entre los investigadores, animando a que mostraran su trabajo a los compañeros del centro en jornadas científicas y de colecciones y a que trasladaran su resultados, tanto a sus colegas como al público, en las exposiciones. También se apoyó, dentro de lo posible, la adquisición de equipamiento científico moderno que permitiera mantener la investigación de primera línea en el centro. Creo que estas iniciativas han sido fructíferas, aunque todavía queda camino por recorrer. Hoy en día todos somos conscientes del interés en mantener y mejorar las múltiples disciplinas que se cultivan en el Museo sin dejar que ninguna desaparezca. Estoy seguro de que, tras la atenta lectura de los textos que encontrarán a continuación, todos coincidirán conmigo en la extraordinaria importancia de la investigación que realizan nuestros científicos y su enorme relevancia para el avance del conocimiento en múltiples campos de la ciencia. Espero que en el futuro, quizá dentro de otros 100 o 200 años, los investigadores encuentren en estas páginas los cimientos de la ciencia de su época. Ese será nuestro mayor logro.

Santiago Merino Rodríguez
Director del Museo Nacional de Ciencias Naturales
(MNCN-CSIC).

INTRODUCCIÓN

A finales del siglo XVIII se fue asentando la idea de los museos como instituciones dedicadas al estudio y el avance de las ciencias, las artes, las letras y la historia. Una corriente generalizada en todas las grandes capitales europeas.

El Real Gabinete no fue una excepción, y su destino entonces y como museo ahora, ha sido compaginar la investigación y la difusión del conocimiento, esta última a veces de forma reglada. Una manera de incentivar y satisfacer la curiosidad e inquietud intelectual sobre la Naturaleza en su sentido más amplio, incluyendo en su estudio a la especie humana.

Hoy, en un momento en el que un virus ha paralizado el mundo, la imparable ciencia nos ha devuelto el movimiento, la vida.

Este libro se presenta en el 250 aniversario del Museo Nacional de Ciencias Naturales y nace como un homenaje a la ciencia que se realiza en este Museo, un espacio que mantiene el latido de ese afán por avanzar en el conocimiento del mundo vivo y la gea que lo soporta.

Nombres propios, ya familiares para todos en estos tiempos, como son la paleontología, la ecología, la bioquímica, la evolución o la biodiversidad y el vasto campo de la geología, o los estudios sobre cambio global, biogeografía y otros, son el escenario donde se desarrollan investigaciones ininterrumpidas desde hace más de 40 años. Hemos intentado reflejar en este libro una parte de ellas, organizándolas en 5 bloques para facilitar su comprensión: «La biodiversidad, nuestra riqueza natural»; «Estrategias para sobrevivir»; «La importancia de lo pequeño»; «Nuestro planeta y el cambio global»; «Un planeta de 4000 millones de años».

Más de 100 autores han participado en la elaboración de estos capítulos y, lejos de las normas de publicación en revistas científicas, les hemos pedido que saquen su ciencia del despacho, del laboratorio, de la universidad y del campo, de la manera que quisieran, pero con una condición: implicar al lector. Para ello nos han acercado, no solo los resultados de sus estudios, sino también a las personas que los han protagonizado.

A todas ellas, muchas gracias.

ÍNDICE

Un museo útil	10
---------------	----

01. LA BIODIVERSIDAD, NUESTRA RIQUEZA NATURAL

La diversidad biológica: lo más valioso y desconocido de este planeta	18
¿Cómo se ha originado la diversidad animal que nos rodea?	24
Filogeografía: la distribución de los genes en el espacio y en el tiempo	30
Gradientes geográficos de biodiversidad	36
Especiación en islas: peces tropicales en lagunas de origen volcánico	42
Evolución de aves en islas oceánicas	48
El estudio científico de especies amenazadas, clave para su conservación	54
El hongo asesino de anfibios: visión global	60
El hongo asesino de anfibios en España	66
Himenópteros, un orden hiperdiverso de insectos	72
Los endemismos de nuestros ríos	78
Seguimiento de la biodiversidad en las áreas marinas protegidas	84
Diversidad genética en invertebrados marinos amenazados	90
La diversidad de los caracoles cono	96
El proyecto Fauna Ibérica	102
La conservación de la biodiversidad en los medios humanizados	108
Genética y reproducción de especies amenazadas	114

02. ESTRATEGIAS PARA SOBREVIVIR

Sobrevivir al invierno	122
En un país donde las aves desaparecen	128
La importancia del parasitismo	132
Los rasgos de historia de vida y el estrés oxidativo	138
Automedicación en fauna: evidencias y perspectivas	144
Nicho trófico: relaciones depredador-presa en la región mediterránea	150
Selección sexual: determinantes e importancia	156
El color de los animales	162
Tapices de sonido: cantos de aves y ruido de fondo	168
Sonidos y vibraciones. Percepción y comunicación en ranas y sapos	174
Venenos, toxinas y especies marinas	180
Las especies invasoras acuáticas en la península ibérica	186

03. LA IMPORTANCIA DE LO PEQUEÑO

El MNCN en la historia de la microbiodiversidad	194
Humanos, animales y microorganismos asociados	200
Últimos refugios de vida en el ambiente poliextremo del desierto de Atacama y análogos de Marte	206
Diversidad microbiana oculta en los lugares más remotos e inhóspitos del planeta	212
Rocas construidas por bacterias: los estromatolitos silíceos	218
Biodeterioro de piedra monumental	224
Fauna acuática subterránea. La vida en la oscuridad	230
Del río a la alacena (del museo)	236
Invertebrados y calidad del agua	242
Forma, distribución y costumbres del auténtico gusano plano	248
Entomología sanitaria	254

04. NUESTRO PLANETA Y EL CAMBIO GLOBAL

La vida humana depende de la salud de los ecosistemas	262
¿Qué son los bosques y qué nos aportan?	268
El clima que nos espera. Bosques y cambio global	274
La contaminación del suelo	280
El suelo y la importancia del humus	286
Ecosistemas subterráneos: laboratorios naturales	292
La biogeoquímica acuática (o el apasionante estudio de la dependencia de la biosfera en un mundo invisible dominado por reacciones químicas)	298
Los ríos perdidos de la Patagonia	304
¿Cómo afecta el cambio climático a la biodiversidad?	310
Las mariposas como indicadores del cambio global	316
Escarabajos, excrementos y cambio global	322
Las aves europeas frente al cambio global	328

05. UN PLANETA DE 4000 MILLONES DE AÑOS

Cambio climático y diversificación de los caballos	336
Los roedores del pasado y su importancia actual	342
Los neandertales en el Museo Nacional de Ciencias Naturales	348
La biología tridimensional	354
Los moluscos en arqueología	360
Expedición paleontológica en Namibia (NPE)	366
Anatomía funcional en paleontología	372
Las extinciones en el pasado, previsión para el futuro	378
El papel de los meteoritos en la historia de la Tierra y su relevancia actual	384
El registro geológico de tsunamis: ejemplos en la península ibérica	390
Terremotos. ¿Son tan peligrosos?	396
Resonancia magnética nuclear en mineralogía	402
Materiales radioactivos en la historia de la Tierra	408

La Ciencia, una diosa destructora	416
-----------------------------------	-----