

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



museonacionaldecienciasnaturales



250 años
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 sus 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 imparables 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
-----------------------------------	-----

EL REGISTRO GEOLÓGICO DE TSUNAMIS: EJEMPLOS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA



CARIDAD ZAZO

Departamento de Geología,
MNCN-CSIC

JAVIER LARIO

Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional de Educación
a Distancia (UNED), Madrid

TERESA BARDAJÍ

Departamento de Geología,
Geografía y Medio Ambiente,
Universidad de Alcalá, Madrid

JOSE LUIS GOY

Departamento de Geología,
Universidad de Salamanca,
Salamanca

Los grandes tsunamis ocurridos alrededor del planeta en las últimas décadas (Indonesia, 2004; Chile, 2010; Japón, 2011) han servido al público en general para tener consciencia de cómo funcionan estos fenómenos y asimilar información sobre cómo actuar en caso de alerta (Fig. 1). Igualmente, la comunidad científica ha tenido la oportunidad de ver la dinámica de estos sucesos, al existir una amplia información gráfica que estaba limitada años atrás, y, en el caso que nos ocupa, poder estudiar el registro erosivo y sedimentario asociado a estos eventos, disponiendo en cada caso de los parámetros precisos de la ola de tsunami asociada a cada registro (número de olas, altura de la lámina de agua, máxima inundación, hora de llegada, etc.).

Durante los últimos años han aparecido numerosos trabajos que describen episodios de alta energía ocurridos en el litoral y que han dejado un registro sedimentológico, geomorfológico o paleontológico, lo que permite estudiar sus características. Los estudios sobre el registro geológico de tsunamis se han centrado en tratar de identificar secuencias sedimentarias características de estos eventos, si bien se ha visto que es extremadamente difícil poder diferenciar el registro sedimentario de estos eventos de

los causados por otros procesos marinos generadores de olas de gran energía, como ocurre con los huracanes, tormentas tropicales o las *storm surges* (repentina y anómala subida del nivel del mar durante una tormenta en costas abiertas). En este sentido, se ha ido usando cada vez más el término de Eventos de Oleaje Extremo (*EWE-extreme wave events*) para identificar estos sucesos, independientemente de su génesis.

Los diferentes estudios han podido contrastar varias características sedimentarias que ayudan a diferenciar estos procesos. Esto no es siempre posible, dado que hay características comunes a ambos que, en general, son: rotura de cordones de playa y formación de acumulaciones de sedimento en forma de abanico, depósitos más delgados y de granulometría más fina tierra adentro, secuencias con tamaño de grano menor hacia superficie (granodecreciente), base erosiva, presencia de fauna marina y fragmentos de conchas y de plantas. Si encontramos solo estas características, es difícil diferenciar el origen de los depósitos y solo podremos asociarlos a episodios de alta energía de origen marino.

Existen otras características de los depósitos que, si se encuentran, nos indican con más probabilidad que se pueden deber a la ocurrencia de un tsunami, como son: presencia de más de una secuencia granodecreciente (algunas veces son homogéneas), normalmente de una a tres, correspondientes a diferentes olas (Fig. 2); presencia de fragmentos del sedimento inferior, erosionado durante el tsunami e

■ Restos del poblado pesquero de Conilete, arrasado por el tsunami de 1755. Los restos están dispersos en la zona de la Torre de Castilnovo en Conil, Cádiz, asociados con sedimentos del tsunami.

Foto: Javier Lario.

«UN MODO DE INTENTAR IDENTIFICAR TSUNAMIS CONSISTE EN INTENTAR RELACIONAR DICHS EVENTOS DE ALTA ENERGÍA CON ALGÚN TERREMOTO OCURRIDO EN LA ZONA, BUSCANDO EVIDENCIAS»

incorporado al sedimento del tsunami, a veces presencia de bloques de gran tamaño; puede haber gran variación en el tamaño de grano de los sedimentos (de arcillas a bloques); no es frecuente que aparezcan estructuras sedimentarias (en *storm surges* son más comunes, con presencia de estratificación subhorizontal o planar, con canales). Además, otras evidencias sugieren que tsunamis de gran magnitud están asociados con una profunda reorganización de los sistemas de flecha litoral-estuario (conjunto de cordones de playa que cierran parcialmente los estuarios), con extensas inundaciones, rotura de la barrera, sedimentación de múltiples abanicos de derrame y completa reorganización del sistema de drenaje. Hay que tener en cuenta que, aunque se han propuesto estas características asociándolas a los diferentes eventos, «no existe ninguna característica especial que permita distinguir inequívocamente entre depósitos de tsunami y de tormenta», sino que hay que utilizar un conjunto de características que indiquen cómo ha sido afectada la costa a distintas escalas espaciales.

En la península ibérica se han realizado investigaciones para tratar de identificar tsunamis antiguos a partir del registro sedimentario. El mayor registro de este tipo de episodios en el litoral peninsular ocurridos durante el Holoceno (últimos 10 000 años) se encuentra en el golfo de Cádiz. Durante los últimos años varios estudios se han centrado en describir y reconocer diferentes depósitos de eventos costeros de alta energía, asociando su formación a la ocurrencia de un tsunami e intentando establecer periodos de recurrencia de estos (Fig. 3). Un modo de intentar identificar tsunamis consiste en intentar relacionar dichos eventos de alta energía con algún terremoto ocurrido en la zona, buscando evidencias en documentos históricos, en restos arqueológicos (arqueosismicidad) o en el registro geológico

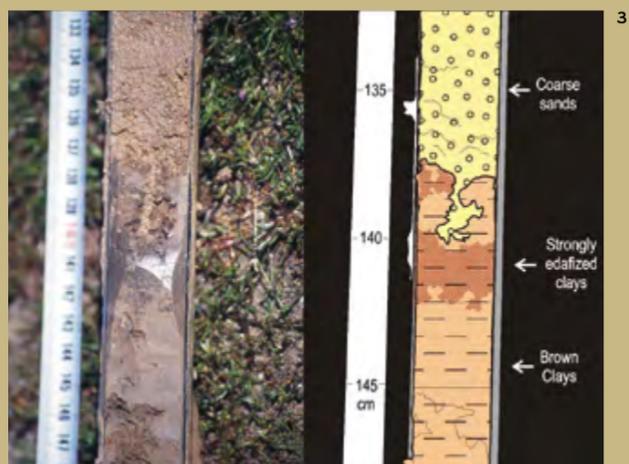
(paleosismicidad). Dentro de estos últimos, ha resultado muy interesante la correlación con depósitos encontrados en la plataforma marina asociados a terremotos (turbiditas/sismitas). Un ejemplo de la utilización de varias fuentes de información lo constituye el terremoto de Lisboa de 1755, que generó el mayor tsunami documentado de la costa peninsular, alcanzando poblaciones al otro lado del Atlántico y que, solo en la costa de Huelva y Cádiz, dejó 2000 muertos. Las abundantes descripciones documentales de este evento han permitido identificar las áreas afectadas y reconstruir, a partir del registro geológico, el impacto que tuvo en estas costas. En otras ocasiones, no existen documentos que hayan registrado estos eventos o, cuando se refieren a episodios muy antiguos, son poco concretos. En esos casos, solo el estudio del registro geológico y la caracterización de los rasgos comentados anteriormente, han permitido identificar estos paleotsunamis. De este modo se han podido identificar en el golfo de Cádiz al menos ocho grandes tsunamis ocurridos en los últimos 6500 años (cuando el nivel del mar alcanzó su posición actual): hace 5200-5000 años, hace 3600-3400 años, hace 2200 años, a 40-60 AD, a 260-280 AD, a 395 AD (estos cuatro asociados a yacimientos arqueológicos de la Hispania romana), en el año 881 y el referido de 1755 (Fig. 4). Si bien la recurrencia de tsunamis en la Península es baja (un gran tsunami cada 700-1200 años), se ha observado que la capacidad destructiva es grande y, si ocurriera actualmente uno de la intensidad de los registrados anteriormente, las consecuencias serían catastróficas. ■

Figura 1. La población de Llico, Arauco, afectada tras el tsunami que afectó a la costa de Chile el 27 de febrero de 2010. Foto: Javier Lario.

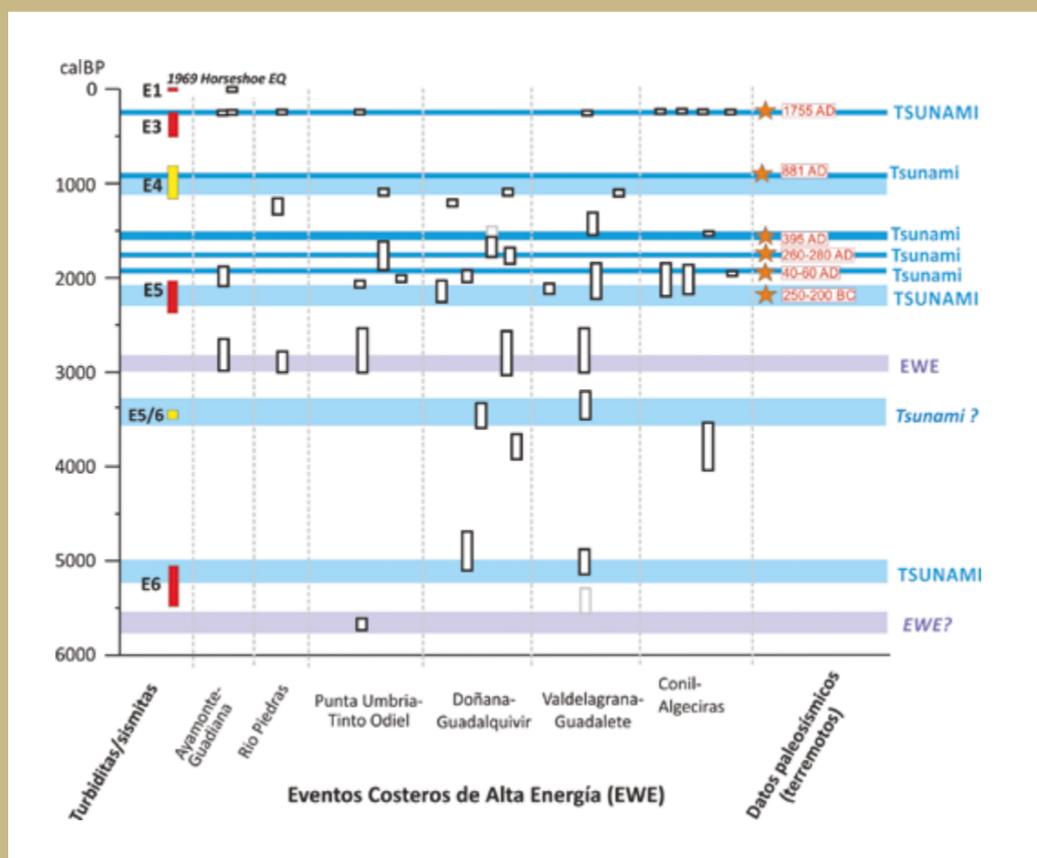


Figuras 2. Depósitos correspondientes al tsunami que afectó a la costa de Chile el 27 de febrero de 2010 en Tubul, Arauco. a) 60 cm de inundación marcados por la presencia de pelillo, un alga marina; b) depósito de tsunami (0.8 a 1.1 cm) mostrando una secuencia que recoge cuatro niveles correspondientes a las cuatro olas que afectaron la zona. Cada nivel consiste en arenas finas grises y limos finos a techo; c) Mud-crack diferencial debido a la alternancia de los diferentes niveles; d) detalle del depósito de cada ola. Fotos: Javier Lario.





3



4

Figura 3. Depósito de un sondeo manual en las marismas del Guadalete, Cádiz, con localización de un EWE, probablemente tsunami, datado en ca. 2200 cal BP. Foto y figura: Luis de Luque.

Figura 4. Paleotsunamis con registro geológico en el golfo de Cádiz de los últimos 6000 años, a partir de la correlación de EWE de la costa y turbiditas de origen sísmico detectadas en plataforma (modificado de Lario *et al.*, 2011).

PARA SABER MÁS

Galbis, J. (1932). *Catálogo sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E. y 20° W. de Greenwich y los paralelos 45° y 25° N* (Vol. 1). Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística.

Lario, J., & Bardají, T. (2016). Tsunamis. En J. Lario & T. Bardají (Coord.), *Introducción a los riesgos geológicos* (pp. 227-244). Editorial UNED.

Lario, J., Luque, L., Zazo, C., Goy, J.L., Spencer, C., Cabero, A., Bardají, T., Borja, F., Dabrio, C.J., Civis, C., González-Delgado, J.A., Borja, C., & Alonso-Azcárate, J. (2010). Tsunami vs. storm surge deposits: a review of the sedimentological and geomorphological record of Extreme Waves Events (EWE) during the Holocene in the Gulf of Cadiz, Spain. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 54, S.B. 3, 301-316.

Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Silva, P.G., Bardají, T., & Cabero, A. (2011). Holocene Paleotsunamis catalogue of SW Iberia. *Quaternary International*, 242, 186-200.

Rodríguez-Vidal, J., Ruiz, F., Cáceres, L., Abad, M., González-Regalado, M. L., Pozo, M., ... & Gómez Toscano, F. (2011). Geomarkers of the 218–209 BC Atlantic tsunami in the Roman Lacus Ligustinus (SW Spain): A palaeogeographical approach. *Quaternary International*, 242, 201-212.

REFLEXIONES

—¿Qué es lo más emocionante de tu carrera como investigadora?

En mi carrera como investigadora en geología, una de las cosas más interesantes y a la vez satisfactorias ha sido poder compaginar el trabajo de gabinete/laboratorio con las campañas de campo. Es sobre el terreno donde las observaciones y discusiones con otros científicos nacionales y extranjeros me han facilitado la obtención y desarrollo de criterios sobre cómo «evaluar» los cambios del nivel de mar a nivel temporal y espacial. Las campañas de campo situadas geográficamente en áreas situadas a distinta latitud me han hecho comprender que no existe un nivel cero global, sino un nivel medio global. Pero sin duda, de lo que me siento más orgullosa, es de haber «creado» y formado parte de grupos de investigación con diferentes especialistas que me han permitido obtener datos en especial relacionados con la cronología del periodo Cuaternario (2.6 Ma).

Caridad Zazo



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



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.