



*con* CIENCIAS.digital

Revista de divulgación científica de la Facultad de Ciencias de Zaragoza

<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero11.do>

Nº 11 MAYO 2013

The background of the cover features a vibrant rainbow on the right side, with colors transitioning from red at the top to purple at the bottom. On the left, there is a close-up of a purple flower head. The bottom portion of the cover shows a dirt road winding through a rural landscape with rolling hills and trees under a sunset sky.

# CIENCIA: EL CAMINO SIN FIN

## Redacción

### DIRECCIÓN:

- Ana Isabel Elduque Palomo

### SUBDIRECCIÓN:

- Concepción Aldea Chagoyen

### DISEÑO GRÁFICO Y MAQUETACIÓN:

- Víctor Sola Martínez

### COMISIÓN DE PUBLICACIÓN:

- Luis Alberto Anel Bernal
- Jesús Anzano Lacarte
- Enrique Manuel Artal Bartolo
- Ángel Francés Román
- Cristina García Yebra
- Luis Teodoro Oriol Langa
- María Luisa Sarsa Sarsa
- María Antonia Zapata Abad

## Edita

Facultad de Ciencias,  
Universidad de Zaragoza.  
Plaza San Francisco, s/n  
50009 Zaragoza

e-mail: [web.ciencias@unizar.es](mailto:web.ciencias@unizar.es)

IMPRESIÓN: GAMBÓN Gráfico, Zaragoza.

DEPÓSITO LEGAL: Z-1942-08

ISSN: 1888-7848 (Ed. impresa)

ISSN: 1989-0559 (Ed. digital)

Imágenes: fuentes citadas en pie de foto.

Portada: montaje a partir de diversas imágenes.

Fotografías presentadas al Premio San Alberto Magno (Cristina Marco - *Mohos, paisajes microscópicos*; Ana Serrano - *Boreal: pintar con luz*) y <http://extremeinstability.com>.

La revista no comparte necesariamente las opiniones de los artículos firmados y entrevistas.



Editorial	2
Ernest Rutherford: padre de la Física Nuclear y alquimista Pascual Román	4
La Prevención de Riesgos en Laboratorios de Química Antonio Blein	20
Reconstruyendo el mundo perdido de los dinosaurios Grupo Aragosaurus	32
El origen de la Teoría Cuántica del átomo. Niels Bohr, 1913 Luis Joaquín Boya	50
Másteres: pasado, presente y futuro Ana Isabel Elduque	66
Estancias de verano para estudiantes Marta Bolsa	78
El cambio global y el Antropoceno; más allá del clima Viola Bruschi, Jaime Bonachea, Juan Remondo, Luis M. Forte, Martín Hurtado y Antonio Cendrero	84
Noticias y actividades	100

# MÁSTERES: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

“Nuestros mejores candidatos buscarán, y encontrarán, la mejor opción. Hagamos que nosotros seamos una de ellas.”

**POR ANA ISABEL ELDUQUE**



**D**entro del proceso de creación del EEES, o Plan Bolonia como es comúnmente conocido, nos enfrentamos a una de sus etapas finales, y que está tan poco definida como las anteriores. En breve tiempo vamos a tener que ofertar todo un conjunto de másteres como continuación de los planes académicos del EEES. Creo que un pequeño repaso a la situación actual no nos hará ningún daño.

Los másteres han sido siempre un nivel educativo muy impreciso en España. Hagamos un brevísimo repaso histórico sobre los mismos, ya que creo que nos va a permitir ver con mayor claridad la necesidad de una mayor definición de lo que ahora estamos proponiendo como tales.

### LOS ORÍGENES

Los másteres en España nacieron alrededor de los años sesenta, aunque es en la década posterior cuando comienza a extenderse su impartición. En primer lugar, quiero destacar que la denominación en España siempre ha sido esta, máster, y no su versión castellana, aunque no literal, maestría, usada en algunos países hispanoparlantes de Latinoamérica. Quizá la acepción peninsular de *maestría* recordaba a la educación precursora de lo que después fue llamada Formación Profesional, y no se quiso incurrir en equívocos. Pero el hecho es que siempre fue denominada esta formación como máster. He hecho un pequeño inciso con este comentario ya que en la traslación española del EEES, la denominación máster es de las pocas cosas que no habrá que cambiar con respecto a nues-

**“A partir de los años 90, comienza a surgir en España todo un conjunto de estudios de posgrado ofertados por la universidad española y que, en muchos casos, son denominados másteres.”**

tros sistemas vigentes anteriores. En este aspecto hemos sido afortunados, aunque me temo que no es mucho para la tarea que todavía hay que realizar.

Estos másteres originarios centraban su interés en dos aspectos fundamentales. En primer lugar, y cronológicamente así fue, los estudios se centraron en una formación de carácter empresarial, cuya formación era de clara inspiración anglosajona y enfocados en la gestión económica de las organizaciones. Estos másteres eran la implantación en España del modelo MBA (*Master in Business Administration*) norteamericano. Los primeros másteres fueron impartidos por escuelas de negocios y universidades privadas y su metodología estaba claramente diferenciada de la que se impartía en la universidad española (partición trimestral de las asignaturas, método del caso, evaluación del grupo y no solo del alumno, etc...). Otro campo que estos primeros másteres desarrollaron fue el relativo a la formación muy especializada en campos técnicos muy concretos, fundamentalmente los relacionados con las ingenierías. En aquellos años el desarrollo tecnológico de

España era escaso y gran parte de las tecnologías no eran de uso común. Como los primeros, también eran fundamentalmente impartidos por centros muy especializados en dichas materias y era práctica frecuente que fueran estos centros educativos de donde se nutrían de jóvenes técnicos las empresas tecnológicamente más punteras.

Estos másteres tenían, como ya se puede vislumbrar, un carácter casi exclusivamente profesionalizante, y su valoración real venía dada en función de la aceptación que tenían sus titulados en el campo profesio-



Paraninfo de la Universidad de Zaragoza.  
<http://michelvillalta.blogspot.com.es>

nal en el que se formaban. La inexistencia de un reconocimiento oficial de las titulaciones impartidas no era óbice para que gran parte de sus alumnos fueran considerados entre los mejor preparados para las tareas para las que habían sido formados. La relación entre formación y profesión era estrecha y permanente. Muchos de aquellos iniciales másteres todavía perviven en la actualidad y, año tras año, reciben un reconocimiento internacional de máximo nivel.

### LA EVOLUCIÓN

A partir de los años 90, comienza a surgir en España todo un conjunto de estudios de posgrado ofertados por la universidad española y que, en muchos casos, son denominados másteres. Junto a ellos, y al calor de un aumento del nivel de vida general y una mayor apertura exterior de nuestra sociedad, se multiplica la oferta de másteres impartidos por instituciones privadas con escasa o nula relación con

la educación superior. Pero la demanda comenzaba a crecer y había que aprovechar las importantes oportunidades de negocio que se estaban generando. Inicialmente su campo de actuación fue la posibilidad de ofrecer una formación continua y de reciclaje a profesionales en ejercicio de su trabajo, con programas y horarios adaptados a las necesidades de personas activas laboralmente. Con posterioridad, evolucionaron ampliando su oferta a sectores de población cuyos recursos escasos limitaban el acceso a los muy costosos másteres ofrecidos por las instituciones privadas clásicas, pero dichos másteres no son objeto del presente escrito y no haré comentarios adicionales sobre ellos.

En lo que al mundo universitario respecta, esos primeros cursos de especialización se fueron convirtiendo en cursos más reglados y más abiertos a alumnos de otras procedencias. Pero, casi desde el inicio, adolecieron de una

## Másteres: pasado, presente y futuro

serie de características negativas que no han permitido que el sistema de máster, como estudio de postgrado, se haya consolidado en España, al menos, hasta el momento.

Estos másteres presentaban una enorme disparidad en cuanto a temario, organización pedagógica y todo lo que atañe a la formación reglada. Cada promotor de máster, fuera persona o grupo colectivo, hacía su propio diseño y la falta de homogeneidad era pasmosa. Además, no había un marco regulatorio claro y definido donde incluirlos. Dado que los promotores de los mismos eran o pertenecían a grupos existentes, la temática de los mismos estaba relacionada con un elevado nivel de especialización en aspectos muy concretos, lo que disminuía su atractivo para muchos titulados no introducidos previamente en la temática. Siempre se planteaban para ser impartidos a titulados superiores (licenciados), cuyo conocimiento anterior ya era de por sí alto. También adolecían de falta de transversalidad en sus contenidos, entendida esta como aquellos conocimientos que los titulados deben adquirir para poder desarrollar su labor profesional de forma más efi-

ciente pero sin que pertenezcan a un área de conocimiento concreto. La profundización era el principal objetivo de los mismos.

Con el tiempo, este tipo de másteres han evolucionado creando una segunda generación de los mismos. Este nuevo formato, realizado tanto por evolución natural como por la necesidad de adaptación al nuevo modelo académico, se caracteriza porque su génesis, diseño e implantación está basada, de forma muy mayoritaria, en los anteriores cursos de doctorado. Baste esta frase para dar una idea del elevado nivel de especialización que tienen la gran mayoría de ellos. Este modelo formativo de postgrado está muy poco definido y disgregado en otros subgrupos menores, que solo añaden confusión al modelo. La diferenciación entre unos tipos y otros se basa, entre otros aspectos, en el número de créditos impartidos, cuestión a la que es totalmente ajena la sociedad, exceptuando los profesionales que desarrollamos nuestra labor en la universidad. Solo en nuestra propia institución, Universidad de Zaragoza, la propia web oficial muestra una oferta de 51 másteres oficiales, 44 másteres de estudios pro-

prios, 23 estudios de postgrado y 37 diplomas de especialización. En nuestro caso estamos en las antípodas de la situación a la que se han enfrentado los originales másteres privados, carentes de reconocimiento oficial pero no social, lo que les ha permitido a algunos de ellos ser impartidos durante 50 años de forma ininterrumpida y con reconocimiento creciente. Está claro que nos movemos en un claroscuro legal, me temo que más oscuro que claro, que no permite el reconocimiento real del valor del máster ni del titulado que lo ostenta. Solo dentro del mundo de la investigación orientada a la elaboración de tesis doctorales, o por exigencias legales para el desarrollo profesional, los títulos de máster actuales otorgan la validez y cualificación que debieran tener.

### EL FUTURO

Creo haber dejado claro en las líneas anteriores que considero el modelo actual totalmente insostenible. Pero como no es el objetivo de este escrito criticar lo existente, ya que no me parece poco que se haya logrado ofertar títulos seriamente impartidos dentro de la más absoluta carencia de ordenamiento académico, me centraré en lo que creo que deben ser objetivos a lograr con los másteres.

En primer lugar hay que señalar que todo lo que ahora podamos decir y proponer sobre los estudios de máster puede quedar, para desgracia de todos, en un mero ejercicio teórico. Explicaré el porqué de esta afirmación.

Como es bien sabido, el EEES permitió elegir a los estados de la UE si los planes de estudio de los grados eran de tres o de cuatro años, lo que suponía que los más-



Antiguas Facultades de Medicina y Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

<http://es.wikipedia.org>



Aula Magna de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

Fotografía de la Facultad de Ciencias.

**“Estos másteres presentaban una enorme disparidad en cuanto a temario, organización pedagógica y todo lo que atañe a la formación reglada.”**

## Másteres: pasado, presente y futuro

teres correspondientes tendrían una duración de dos o un año respectivamente. En España, como en tantas otras cosas, nos pudo aquella frase, y muchas veces desgraciada, de *Spain is different*. Mientras que la inmensa mayoría de los países, entre ellos todos los centrales, elegía el modelo 3+2 (Grado/Máster), nosotros optamos por el 4+1. Esta elección condiciona absolutamente cualquier diseño ulterior de máster, con el añadido de que España está obligada a reconocer a los graduados europeos (de tres años) y obliga a sus estudiantes a cursar másteres de dos años, si eligen hacerlo en un país del sistema 3+2 (la mayoría).

Pero no solo es una cuestión de desencaje entre Europa y España (uno de tantos). Un máster de un año no puede ser nunca de la intensidad de uno de dos años. ¿Querrán venir los estudiantes europeos, al menos los más brillantes, a cursar un máster que, para ellos, es solo medio?

¿Estarán capacitados para hacerlo con un grado de solo tres años? Yo creo que no será fácil. Si alguien piensa que el número de Erasmus que realizan sus cursos en España es indicativo de la demanda europea que van a tener nuestros másteres en sus países, pienso que se equivoca. Desde mi punto de vista es totalmente incomparable la motivación y el interés que despierta un país para una estancia de Erasmus frente a lo que se exige para hacer un máster.

Dicho lo anterior, y como no tengo ninguna solución al conflicto que pienso que vamos a tener que abordar, me centraré en los aspectos cualitativos que, opino, debe aportar un máster.

En primer lugar hay que ser consciente de que los alumnos de máster van a ser en breve todos graduados, no licenciados. Esto, en mayor o menor medida, supone que la formación

recibida es menor que la anterior. Por ello me surge una primera duda. ¿Es factible un máster en investigación para graduados? Trasladar el modelo actual me parece temerario, ya que los alumnos graduados no podrán disponer de los mismos conocimientos que deben tener los licenciados. Estamos, pues, ante una oportunidad de diseñar másteres específicos de carácter netamente investigador, pero cubriendo las carencias formativas que van a tener los graduados. Es decir, los contenidos actuales de los másteres de iniciación a la investigación diseñados para licenciados no pueden servir como tales, a no ser que algo se ha hecho francamente mal con el diseño actual.

Esta incardinación de los másteres con el grado es básica, y no únicamente para los másteres de investigación. Es condición *sine qua non*. Y hay que atender también al nivel formativo de otros centros, ya que el objetivo debe ser poder aceptar alumnado procedente de otros lugares, y no solo españoles.

Un aspecto básico de los másteres que se debe lograr es que la sociedad entienda y diferencie claramente a un titulado con grado de otro con máster. Llevamos muchos años de confusión en la utilización de la denominación máster, y antes o después hay que abordar el problema. El graduado no puede ser un especialista, ni su conocimiento de una gran profundidad en el área en cuestión. Debe ser un titulado capacitado para afrontar problemas pero, sobre todo, con una base de conocimiento suficiente que le permita seguir formándose en aspectos más específicos. Hace años existían titulado-

**“Un aspecto básico de los másteres que se debe lograr es que la sociedad entienda y diferencie claramente a un titulado con grado de otro con máster.”**

nes con especializaciones durante la licenciatura (no todos los alumnos cursaban el mismo plan de asignaturas). Todavía hay sectores que demandan titulados de esta o aquella especialidad. Esta es la labor. Los que precisan un titulado de una especialización específica deben saber que lo que necesitan es un máster, y que difícilmente un simple graduado podrá cubrir sus expectativas, al menos a corto plazo. Pienso que esta labor formativa de la sociedad está sin realizar.

Dentro de este punto, quiero mencionar que durante la elaboración de los grados y sus memorias se han producido errores que debemos corregir. La asignación de prácticamente todas las competencias profesionales a los graduados en algunas titulaciones es, desde mi punto de vista, erróneo. Hay que diferenciar ambos niveles y, como antes he dicho, dejarlo claro a la sociedad, que deben ser los empleadores mayoritarios de los titulados. Coherencia con la formación y concordancia con los estándares europeos pueden ser unos criterios bastante sensatos en los que basarse.

También creo que los másteres deben estar sujetos a una evaluación más allá que la meramente formal que ahora se aplica desde las agencias estatales y autonómicas. Y para que el nivel alcanzado sea elevado, los criterios de aceptación de los alumnos también deben ser exigentes. La calidad de la materia prima influye notablemente en la calidad del producto final. Aunque a primera vista pueda parecer algo elitista, no todos los graduados estarán



Facultad de Ciencias,  
Universidad de Zaragoza.

Fotografía de la Facultad de Ciencias.

## Másteres: pasado, presente y futuro

en las mejores condiciones de cursar másteres de calidad, lo cual solo redundaría en un empeoramiento del nivel general. Si lo pensamos un poco más detenidamente vemos que en España hace muchos años que existen licenciados y diplomados y nadie piensa que ello es debido a criterios discriminatorios. Los másteres de calidad lo exigen.

También es necesario que se definan los objetivos que cada máster pretende lograr. Siendo solo terminología sujeta a todos los condicionantes que el lector quiera, se me ocurre que los másteres pueden ser de tres grandes tipos: de investigación, profesionalizantes y académicos, en función de lo pretendido. Mientras que los reseñados como de investigación creo que dejan claro su objetivo, los profesionalizantes serían aquellos cuyas metas sean la de formar a los alumnos en cuestiones demandadas por el mundo laboral, a veces ajenas a la formación básica, pero solicitadas de forma permanente. Estos másteres tendrían como objetivo disminuir esta afirmación tan extendida de que nuestros estudiantes aprenden muy pocas cosas útiles durante sus estudios. Es ahora, durante el máster, donde los programas docentes pueden ser mucho más flexibles y adaptados a las necesidades sociales. No es mercantilización. Es conseguir que los titulados accedan al mundo del trabajo en mejores condiciones y que conozcan, al menos con mayor profundidad que ahora, muchas cuestiones que ignoran. Cuando nos reunimos con antiguos alumnos y hablamos de la formación recibida, la mayoría de las respuestas apuntan hacia la misma dirección: la metodología de trabajo, la exigencia de esfuerzo y la estructuración del razonamiento son muy valoradas, pero no son de la misma opinión en cuanto a los contenidos concretos de lo estudiado y exigido. Un tercer tipo de estudios podría estar enfocado a aquellos estudiantes cuyo enfoque profesional no exige un elevado grado de especialización. Muchos alumnos, al terminar sus estudios,

no han definido qué área específica quieren desarrollar. Dar una oportunidad para profundizar en su titulación de forma más general no creo que sea una cuestión baladí que deba despreciarse. Estudiar un máster para conocer más de cada rama de conocimiento es también una forma de ampliar el espectro de un importante grupo de alumnos que deben ser tenidos en cuenta. Este tercer tipo es el que he denominado académico, ya que el objetivo es adquirir un mayor conocimiento general de muchas más áreas de una determinada titulación de lo que es posible con un máster muy especializado.

Unido a este tipo de másteres, pero también en concordancia con los que he llamado profesionalizantes, un objetivo a lograr es que los másteres sean también una alternativa como formación continua de personas que están en el ejercicio de su profesión. Como ya dije anteriormente, este conjunto de demandantes de formación ha sido atendido por una oferta de estudios variopinta y no siempre con la calidad publicitada. Pero su flexibilidad les otorgaba un gran atractivo. Creo que hay posibilidades de lograr que muchos profesionales vuelvan a sentarse en la aulas universitarias, si lo ofrecido es acorde con lo que sus profesiones precisan y así sabemos demostrarlo. Pero este camino es de ida y vuelta. También podemos conseguir que muchos profesionales vuelvan, pero esta vez encima de la tarima y a través de una gran multiplicidad de formatos, a enseñar directamente lo que ellos han aprendido. Y, en este caso, no solo serán los matriculados los que ejerzan el papel de alumnos. Los criterios

**“Un objetivo a lograr es que los másteres sean también una alternativa como formación continua de personas que están en el ejercicio de su profesión.”**

**“Los que precisan un titulado de una especialización específica deben saber que lo que necesitan es un máster.”**

para que especialistas no docentes impartan sus conocimientos deben ser exigentes pero, como profesores que somos la gran mayoría, uno de nuestros deberes es evaluar. Si nosotros no sabemos hacerlo, hay algo que no es correcto en nuestra función docente.

Como ya dije al principio de este apartado, todo lo anterior dependerá de la viabilidad o no del actual esquema de grado. Pero de lo que no me cabe la menor duda es que de nada servirá ningún trabajo si no se consigue que haya un reconocimiento a nivel europeo. La situación actual, con decenas y decenas de títulos de muy diversa índole, solo supondrá que nuestros alumnos sean aquellos que no han podido acceder a otros másteres reconocidos e impartidos por otros centros. Nuestros mejores candidatos buscarán, y encontrarán, la mejor opción. Hagamos que nosotros seamos una de ellas.

Ana Isabel Elduque  
Decana de la Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza



Fotografía de la Facultad de Ciencias.

*Construyendo...*

*...el Espacio Europeo  
de Educación Superior*

**Grado en Biotecnología**

**Grado en Física**

**Grado en Geología**

**Grado en Matemáticas**

**Grado en Óptica y Optometría**

**Grado en Química**

**GRADOS**



**Máster en Biología Molecular y Celular**

**Máster en Física y Tecnologías Físicas**

**Máster en Iniciación a la Investigación en Geología**

**Máster en Iniciación a la Investigación en Matemáticas**

**Máster en Investigación Química**

**Máster en Materiales Nanoestructurados para**

**Aplicaciones Nanotecnológicas**

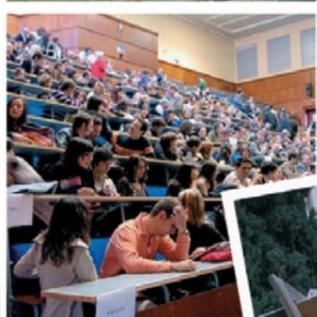
**Máster en Modelización Matemática,**

**Estadística y Computación**

**Máster en Química Sostenible**

**Máster en Ingeniería de Membranas**

**MÁSTERES**



*¡matricúlate!*

<http://ciencias.unizar.es/web/>





# ESTANCIAS DE VERANO

POR MARTA BOLSA

**PARA ESTUDIANTES**

*“No hay grandes problemas, solo hay un montón de pequeños problemas.”*

Henri Ford

## Estancias de verano para estudiantes

**C**omo alternativa a la rutina veraniega podemos elegir continuar formándonos fuera del aula y participar en uno de los múltiples programas de verano para estudiantes que nos ofrecen las distintas universidades e institutos de investigación en España, Europa y el resto del mundo.

La vicedecana de relaciones con empresas de la Facultad de Ciencias, María Luisa Sarsa, nos informa de las diversas ofertas laborales y estancias de verano a través de la página web de la Facultad de Ciencias. De la misma manera, fomenta la participación en distintos cursos y charlas, cuyo objetivo es el asesoramiento laboral. Al mismo tiempo, el profesorado está dispuesto a ayudar al alumnado a lo largo de su carrera. También se pueden encontrar, dentro de la facultad, varios grupos de investigación de gran prestigio que ofrecen nuevas oportunidades a jóvenes científicos.

No solo puedes llegar hasta este tipo de ofertas a través de la universidad sino que, si estás interesado en una línea de investigación en concreto, puedes ser tú mismo el que dé el primer paso y se ponga en contacto con el centro o grupo de investigación. La mayoría de institutos cuentan con un portal web en el que exponen su labor y las vacantes de las que disponen. Además, cuentan con una sección exclusiva para estudiantes desde la que podrás enviar tu carta de presentación y tu currículum. En lo que todos coinciden es en el perfil del candidato: se buscan estudiantes con sed de aprendizaje.

Si habéis tenido la suerte de ser seleccionados debéis saber que el compromiso es esencial. Desde el día en que se firme el acuerdo de prácticas, estaréis

al cargo de un supervisor, el cual os ayudará a exprimir la oportunidad que se os brinda. Vuestro objetivo debe ser siempre el máximo aprovechamiento. El centro de acogida prepara a sus jóvenes trabajadores una jornada de bienvenida en la que se informa de todo aquello que les pueda ser relevante a lo largo de su estancia. Es un día duro que incluye una presentación de los miembros del departamento al que se es asignado y un recorrido por las instalaciones. Todo ello tiene como finalidad la rápida integración del estudiante.

La labor del supervisor es también la de guiarnos a lo largo del proyecto del que sois partícipes. Nunca se debe olvidar que sois estudiantes y no expertos de la materia, por lo que no hay que tener miedo de preguntar todo aquello que se crea conveniente. En ocasiones, será necesario contactar y pedir ayuda a miembros de otros departamentos. Estaréis rodeados en todo momento de un equipo de profesionales que os aportarán nuevos conocimientos y nuevas técnicas de trabajo. Vuestra formación pasará a estar en manos de científicos con gran experiencia en el sector.

Tan importante es sacar el proyecto adelante como aprender a trabajar bajo la presión de la terrible figura del jefe. Alrededor de una simple mesa redonda, tendréis la ocasión de trabajar con vuestros compañeros fomentándose, de este modo, el trabajo en equipo. Una constante dedicación os hará estar preparados para debatir cualquier problema que pueda aparecer. El trabajo diario será la mejor baza para salir airoso de una reunión con el grupo. A pesar de no haber terminado los estudios superiores vuestras ideas y propuestas cuentan. La voz del estudiante debe hacerse oír y respetar.

**“Estaréis rodeados de un equipo de profesionales que os aportarán nuevos conocimientos y nuevas técnicas de trabajo.”**

Uno no siempre tiene porqué sentirse cómodo en el área en la que ha decidido realizar sus prácticas pero si, por el contrario, el proyecto en el que estáis inmersos es uno de los temas a los que os gustaría dedicaros en un futuro, una implicación extra surgirá sin daros cuenta. Un pequeño problema en el laboratorio o en la oficina desembocará en largas tertulias entre amigos y quién sabe si puede llegar a quitaros el sueño. No importa la jornada laboral cuando se trata de presentar los mejores resultados. La recompensa de vuestro trabajo está asegurada.

Se puede ir más allá de las fronteras del país y apostar por institutos extranjeros ya que se cuenta con una beca económica como recompensa de la labor realizada y una ayuda extra de alojamiento y desplazamiento. No se debe temer dicho salto, puesto que allí conoceréis a personas en la misma situación en la que os encon-

**“En Grenoble, tuve la suerte de encontrarme bajo la supervisión de un gran profesional que, entre otras muchas cosas, me enseñó que nunca se debe ser negativo.”**



Vista aérea del polígono científico de Grenoble (Francia).

Denis Morel/ESRF (<http://www.sffc.ac.uk>)

## Estancias de verano para estudiantes

tráis vosotros. En todo momento, el estudiante tiene a su disposición un servicio de asistencia que se encarga de su inmersión y de cualquier problema que pudiera surgirle. El instituto de investigación de acogida ofrece una amplia carta de residencias y páginas webs en las que encontrar alojamiento. Ya sea en residencia o en piso de alquiler, compartiréis el día a día con jóvenes de distintas nacionalidades que

**“No solo amplié mis conocimientos en Física, sino que aprendí nuevos valores como el trabajo en equipo o el compromiso.”**

os enseñarán nuevas costumbres y os permitirán continuar practicando otros idiomas fuera del trabajo.

Al finalizar la estancia, algunos centros os aconsejarán la realización de un pequeño informe en el que se expondrá el trabajo realizado, el método utilizado, los resultados obtenidos y las conclusiones que se han extraído. Esto servirá de evaluación para el centro y será, en caso de ser obligatorio, de carácter interno. También puede ser necesaria una exposición oral ante el grupo o departamento que servirá para dar a conocer al resto de compañeros vuestros resultados y, en caso de no haber finalizado, es fundamental informar del punto en el que os encontráis ya que podría ser continuado por otras personas.

Personalmente, después de haber realizado una estancia de verano fuera de España, debo decir que no solo amplié mis conocimientos en Física, sino que aprendí nuevos valores que me ayudarán en mi futuro laboral, como el trabajo en equipo o el compromiso. Desde la Universidad de Zaragoza, conté con el apoyo y el asesoramiento de dos profesores para el reconocimiento de las prácticas. En Grenoble, tuve la suerte de encontrarme bajo la supervisión de un gran profesional que, entre otras muchas cosas, me enseñó que nunca se debe ser negativo. No tenemos que sentir en ningún momento que nuestro trabajo está siendo un fracaso, debemos estar contentos y, por supuesto, agradecidos, ya que se nos ha dado la oportunidad de aportar nuestro granito de arena. Y como me dijo mi jefe, una y tantas veces: *“there are no big problems, there are just a lot of little problems.”* (No hay grandes problemas, solo hay un montón de pequeños problemas. Henry Ford).

Marta Bolsa

Alumna de la Licenciatura en Física  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza

**Entrada al Polígono Científico de Grenoble que da acceso a los institutos ILL, EMBL y ESRF (arriba).**

**Marta Bolsa, a la derecha, y otra estudiante en prácticas del Instituto Laue-Langevin (abajo).**

Fotografías cedidas por la autora.



Cartel informativo y punto de encuentro dentro del Polígono Científico de Grenoble.

Fotografía cedida por la autora.



“El final del siglo XVIII marca el momento en el que empezamos a adquirir, como especie, la capacidad de modificar de forma profunda el planeta, pero la modificación real y generalizada se produce a partir de mediado el siglo XX.”

# EL CAMBIO GLOBAL Y EL ANTROPOCENO; MÁS ALLÁ DEL CLIMA

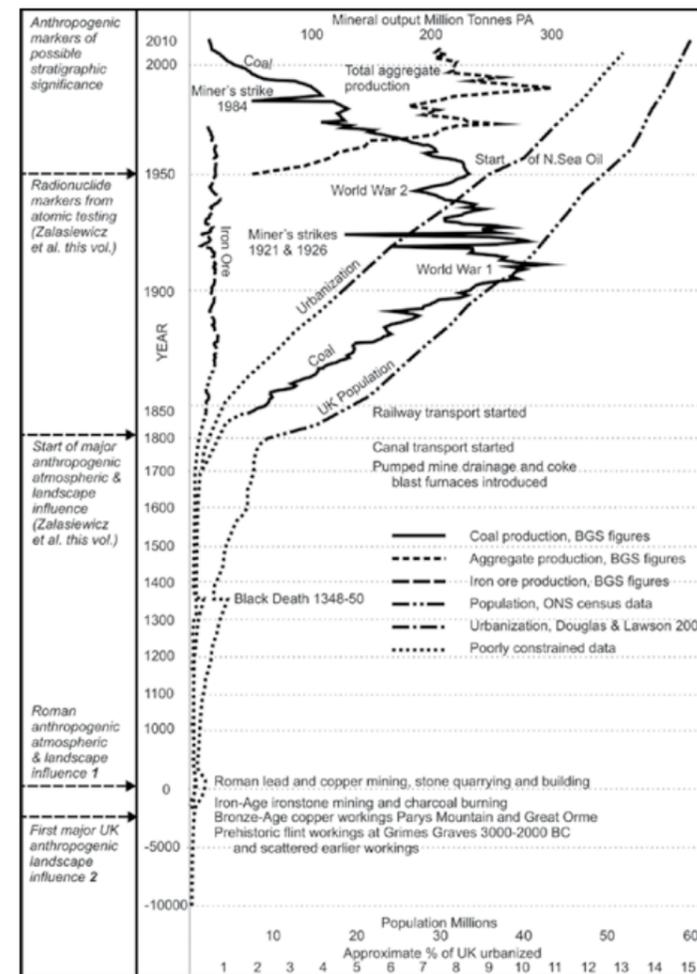
**POR VIOLA BRUSCHI, JAIME BONACHEA,  
JUAN REMONDO, LUIS M. FORTE,  
MARTÍN HURTADO Y ANTONIO CENDRERO**

## El cambio global y el Antropoceno; más allá del clima

Las reflexiones que aquí se presentan están extraídas de una presentación realizada en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza sobre la base de trabajos de los distintos autores firmantes, que posteriormente ha sido plasmada en un artículo.<sup>1</sup> No tienen, por tanto, ninguna pretensión de novedad u originalidad, sino que simplemente intentan divulgar ciertas ideas sobre los cambios que actualmente está experimentando nuestro planeta, y hacer que nos cuestionemos si el cambio climático es verdaderamente "la explicación" de casi todos esos cambios.

Desde mediados del siglo XIX se ha expresado preocupación por las consecuencias de la acción humana sobre el planeta,<sup>2</sup> y esa preocupación está actualmente en primera línea de

la opinión pública y de la agenda política internacional. En el ámbito científico, han surgido propuestas para definir una nueva época en la Historia de la Tierra, caracterizada por los procesos y cambios debidos a los seres humanos. Así, Ter-Stepanian propuso el término *Tecnógeno* o *Quinario*<sup>3</sup> y Crutzen el de *Antropoceno*<sup>4</sup>. Evidentemente, discutir (y, en su caso, decidir) si debemos aceptar o no esas propuestas tiene interés académico, pero no cambiará la realidad. Lo que seguramente tiene más interés, para la mayoría de las personas, es avanzar en el conocimiento de los cambios que han ocurrido y de sus causas, así como de los cambios esperables en el futuro y sus consecuencias. Basándose en un mejor conocimiento científico, se podrán identificar los cambios no deseados y proponer medidas para evitarlos, corregirlos o adaptarnos a ellos.



### Posibles marcadores estratigráficos del inicio del Antropoceno en Gran Bretaña.

Price et al., 2011.

fecha de inicio, teniendo en cuenta que dichos criterios deberían corresponder a huellas que quedarían en el registro geológico futuro, identificables dentro de miles o millones de años (si hay en ese momento seres inteligentes que puedan identificarlas). Ejemplos de esas posibles huellas se muestran en la figura anexa.<sup>5</sup>

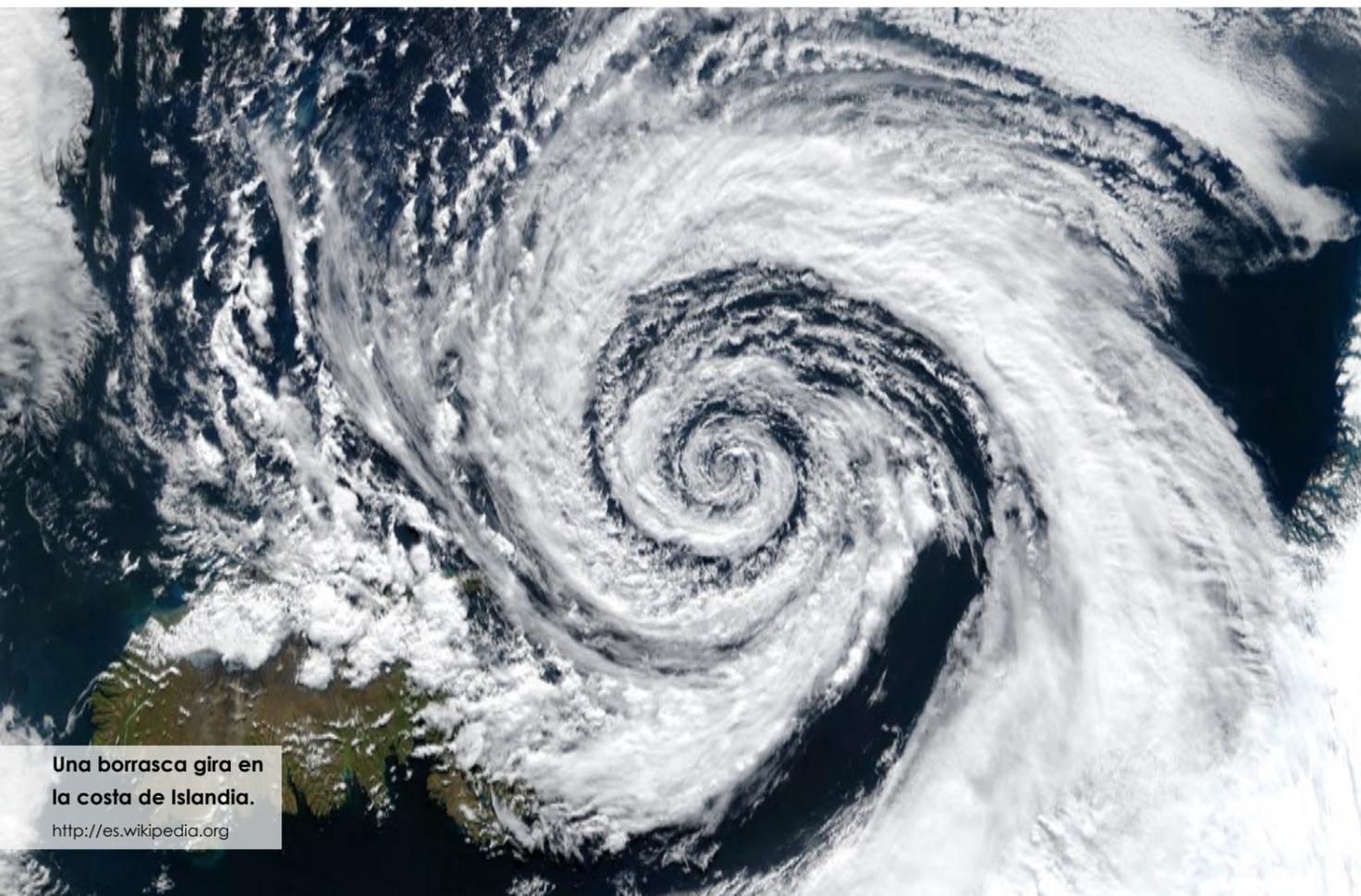
### ¿ES EL CLIMA EL CRITERIO MÁS ADECUADO PARA DEFINIR EL ANTROPOCENO Y ESTABLECER SU INICIO?

Según la propuesta de Crutzen "se puede considerar que el Antropoceno se habría iniciado al final del siglo XVIII, cuando, según muestran los análisis de gases atrapados en hielos polares, comienza el aumento reciente de las concentraciones de

dióxido de carbono y metano en la atmósfera". Tal como señala el citado autor, eso coincide con la invención de la máquina de vapor de Watt; esto es, el inicio de la Revolución Industrial.

Ahora bien, de acuerdo con lo mostrado en la figura anterior, hace tiempo que la actividad humana ha introducido cambios cualitativos importantes en el planeta, que pueden dejar huellas identificables en el registro sedimentario; muchos de esos cambios afectan a los procesos geológicos superficiales. Si el Antropoceno se considerase una nueva época de la Historia geológica ¿deberíamos establecer su inicio sobre la base de un **criterio cualitativo** (presencia

El tránsito entre las distintas divisiones de los tiempos geológicos ha venido marcado por cambios en características del planeta que incluyen condiciones climáticas, fauna y flora existentes, funcionamiento de los procesos geológicos, distribución de tierras y mares, etc. Esos cambios han dejado ciertas huellas identificables en el registro geológico tales como, entre otras, la composición, textura y estructura de sedimentos y rocas, fauna y flora fósil o rasgos geomorfológicos. En la discusión académica sobre la conveniencia o no de establecer esa nueva época se debe analizar si la etapa actual presenta características suficientemente diferentes a las de etapas anteriores, así como los posibles criterios a considerar para definir su



Una borrasca gira en la costa de Islandia.

<http://es.wikipedia.org>

## El cambio global y el Antropoceno; más allá del clima

de huellas de influencia humana) o bien de un **criterio cuantitativo** (a partir del momento en el que la influencia humana adquiere una importancia significativa, superior a la de los agentes naturales)? Hay razones para pensar que una característica importante de esa posible nueva época geológica es un marcado aumento de las tasas de los procesos geológicos superficiales ("cambio geomorfológico global")<sup>6</sup>, y que ese aumento generalizado es bastante reciente.

Para definir el momento de inicio del Antropoceno se pueden considerar básicamente tres opciones:

- El momento en el que se detecta la influencia humana sobre el medio y los procesos naturales. Esto nos llevaría, al menos, al principio del Holoceno, hace unos 11.000 años, especialmente a partir del momento en que se inicia el desarrollo de la agricultura y la ganadería, con la consiguiente modificación del entorno.
- Cuando los seres humanos desarrollan la capacidad de utilizar energía en grandes cantidades y, con ello, el potencial de modificar de manera profunda la superficie terrestre, la cobertura vegetal, la atmósfera y la hidrosfera; esto es, el inicio de la Revolución Industrial.
- Cuando la influencia humana sobre los rasgos y procesos del planeta alcanza una magnitud equivalente o superior a la debida a los agentes naturales. Este sería un criterio de importancia cuantitativa, no simplemente de ausencia/presencia, que indicaría el momento en el cual el **potencial** de cambiar el medio da paso a la **modificación real**, masiva y generalizada, de ese medio.

Hay un conocimiento bastante extendido entre el público en general sobre los cambios que las personas hemos producido en el pasado

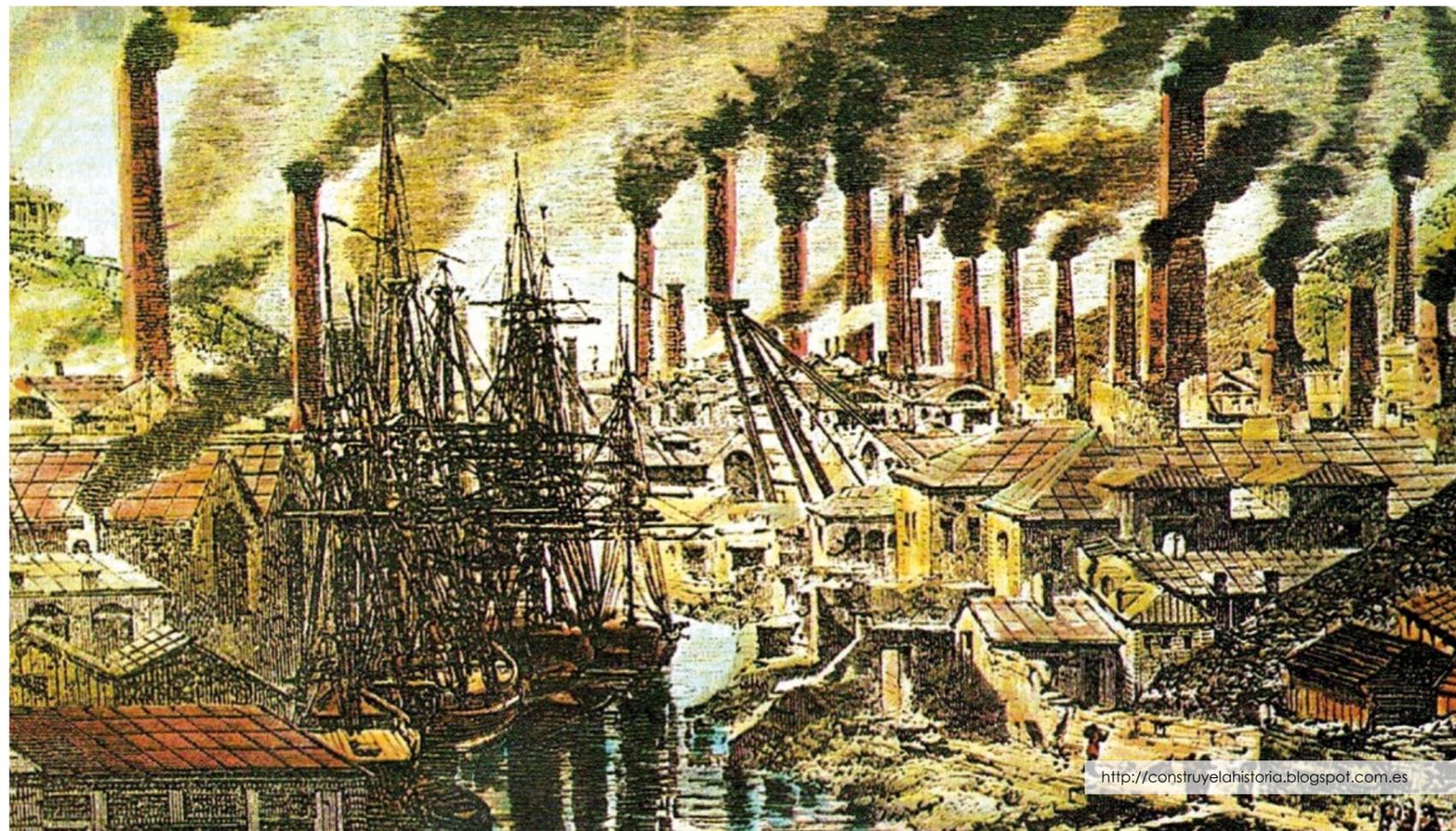
reciente, o estamos produciendo en la actualidad, sobre el clima y la biodiversidad. Son mucho menos conocidos los causados en los rasgos o procesos geológicos, aunque estos han alcanzado niveles significativos. Por ejemplo, González-Díez y otros han señalado que las tasas de denudación por deslizamientos de tierras en la zona cantábrica aumentaron un orden de magnitud con la entrada de los pobladores neolíticos y la modificación de la cobertura vegetal que llevaron a cabo.<sup>7</sup> Otro ejemplo son las numerosas "antropogeofomas" (explotaciones mineras, ciudades, grandes obras civiles, etc.) que desde hace siglos (e incluso milenios) han ido modificando el paisaje, y que cada vez aumentan más rápidamente.

La magnitud de esos cambios se puede expresar por medio del concepto de la "huella geomorfológica humana": superficie de nuevas "antropogeofomas" construidas y volumen de material geológico desplazado anualmente por acción humana.<sup>8</sup> Estimaciones iniciales de esa huella a nivel global indican que el volumen de materiales geológicos movilizados por la acción humana es en la actualidad, probablemente, un orden de magnitud superior al desplazado por los procesos geológicos superficiales, y que la superficie ocupada por nuevas "antropogeofomas" crece a una tasa de unos 50.000 km<sup>2</sup>/año. Ambos valores crecen, como es lógico, con el aumento de la población y la economía. Una extrapolación conservadora, sobre la base de las tendencias de variación de la población y producto bruto mundiales, indica que la huella geomorfológica humana acumulada a lo largo del presente siglo probablemente será de 5-10 x 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup>; es decir, una extensión de magnitud continental en un tiempo geológicamente insignificante.

Una modificación de esa magnitud es de esperar que se refleje en el funcionamiento de los procesos geológicos que operan en la superficie terrestre, determinados, fundamentalmente, por la interacción entre el agua y la capa superficial del terreno. Si el cambio geomorfológico global fuera una realidad, debería existir una aceleración generalizada de los procesos geológicos superficiales (denudación, deslizamientos, escorrentía, descarga fluvial), mayor producción de sedimentos y, por tanto, mayores tasas de sedimentación. Además, ese aumento debería mostrar una relación más estrecha con los impulsores humanos que con los naturales, entre estos últimos, de manera significativa, el clima (a su vez modificado de manera importante por la acción humana).

Datos sobre las tasas de sedimentación, en distintos lugares del mundo, muestran que, en la mayoría de los lugares analizados, hay un aumento de las mismas, y que ese aumento es especialmente

**“El volumen de materiales geológicos movilizados por la acción humana es en la actualidad, probablemente, un orden de magnitud superior al desplazado por los procesos geológicos superficiales.”**

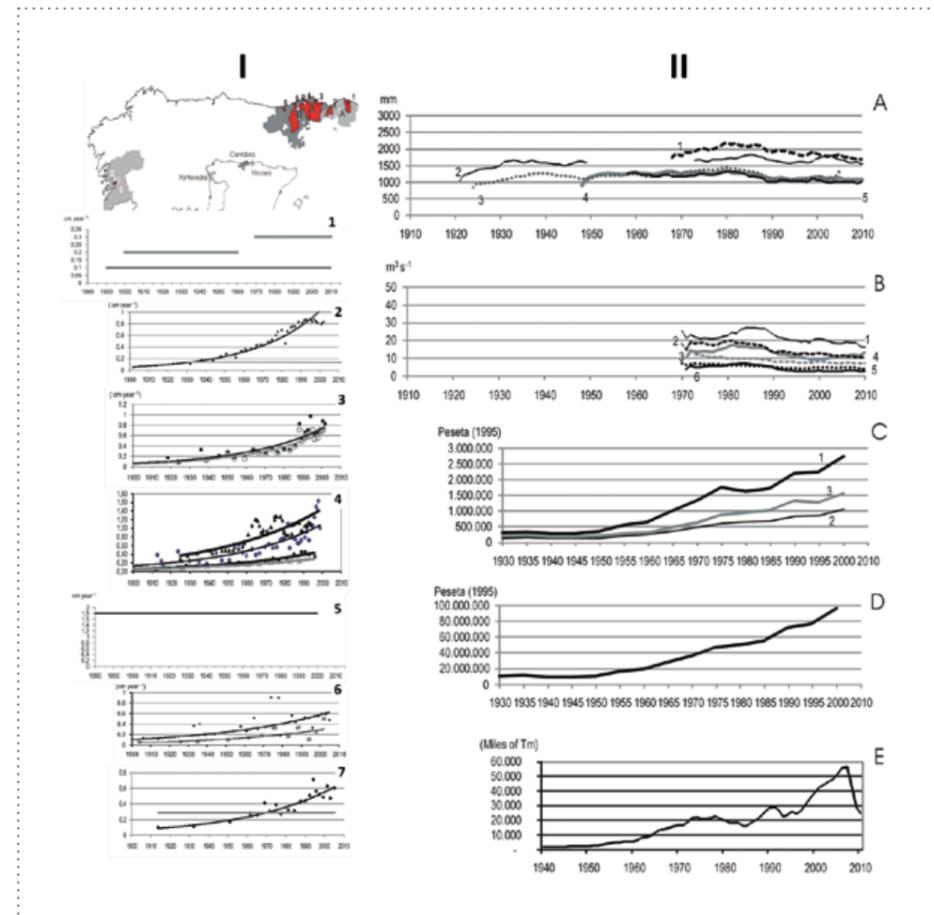


# El cambio global y el Antropoceno; más allá del clima

marcado a partir de mitad del siglo XX.<sup>1,6,9,10,11</sup> También, que las variaciones en las precipitaciones (totales anuales o frecuencia de episodios de lluvias intensas) a lo largo de los mismos periodos no siguen tendencias similares a las mostradas por indicadores de la intensidad de los procesos geológicos superficiales, pero que ese paralelismo sí parece existir con las variaciones de indicadores relacionados con la intensidad de la influencia humana. A modo de ejemplo se muestra el caso de la zona norte de España.

Parece, por tanto, que puede existir una relación causa-efecto entre el aumento de la capacidad de las personas para producir cambios en la superficie terrestre ("presión geomorfológica humana",<sup>10</sup> que puede expresarse como

PIB(Euros)año<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>), e intensidad de los procesos geológicos superficiales. Las múltiples formas de alteración de la superficie terrestre por acción humana (excavaciones, construcciones, actividades forestales, agricultura, cambios de uso del territorio en general) parecen estar dando lugar a que aumente la sensibilidad (o que disminuya la "resiliencia") de la capa superficial del terreno ante la acción del agua, con lo que intensidades similares de lluvia en tiempos recientes estarían provocando efectos geomorfológicos (deslizamientos, denudación, sedimentación, inundaciones) mucho mayores que en el pasado. Esto es, una característica del Antropoceno parece ser esa mayor intensidad de los procesos geomorfológicos que, en algunos casos, ha aumentado un orden de magnitud en medio siglo.



I) Variación de las tasas de sedimentación en varios estuarios del norte de España, representados en el mapa.

II) A y B, variación de las precipitaciones y caudales en cuencas del norte de España. C, variación del PIB en las provincias de Vizcaya [1], Cantabria [2] Pontevedra [3]. D, PIB del conjunto de España. E, consumo de cemento (España).

Bruschi *et al.*, 2012a.

REGIÓN	FACTOR DE AUMENTO - CATEGORÍA DE DESASTRES		
	Geológicos internos	Climáticos	Geológicos superficiales
Este de África	2,7	2,7	<b>4,6</b>
Centro de África	1,3	1,2	<b>2,6</b>
Norte de África	1,5	1,1	<b>2,6</b>
Sur de África	1,4	0,3	<b>2,4</b>
Oeste de África	0,9	0,0	<b>3,4</b>
Caribe	1,7	<b>2,9</b>	1,8
América Central	1,1	2,7	<b>3,3</b>
América del Norte	1,7	2,6	2,2
América del Sur	2,4	2,0	2,3
Asia Central	<b>2,2</b>	1,2	1,6
Este de Asia	3,8	3,3	<b>3,9</b>
Sudeste de Asia	2,5	2,2	<b>3,8</b>
Sur de Asia	2,4	2,2	<b>3,4</b>
Oeste de Asia	0,0	1,5	<b>3,3</b>
Este de Europa	0,9	1,9	<b>2,8</b>
Norte de Europa	1,5	1,0	1,3
Sur de Europa	1,0	1,4	<b>3,5</b>
Oeste de Europa	0,5	<b>5,5</b>	1,9

Si una de las características del Antropoceno es una intensificación de los procesos geológicos superficiales, y dicha intensificación es consecuencia de la creciente influencia humana, cabría esperar que esto se manifestara en la frecuencia de los desastres naturales causados por los citados procesos, fundamentalmente deslizamientos e inundaciones. Existen tres grandes grupos de desastres naturales de tipo no biológico: geológicos internos (terremotos y erupciones volcánicas), climáticos (tormentas, lluvias intensas, sequías) y geológi-

**Factor de aumento de los distintos desastres naturales y correlación con el PIB (1950-2008). En verde, valores acordes con el modelo; en rojo, valores no acordes con el modelo.**

cos superficiales o hidrogeomorfológicos (inundaciones y deslizamientos). Para todos ellos es de esperar que exista una relación entre frecuencia (establecida a partir de las bases de datos que recopilan estos eventos a nivel glo-

# El cambio global y el Antropoceno; más allá del clima

bal) y Producto Interno Bruto (PIB). El aumento del PIB implica un aumento de los elementos humanos que pueden sufrir daños (personas, viviendas, infraestructuras, cultivos, etc.), y por lo tanto de la probabilidad de que un episodio peligroso produzca daños y sea catalogado como desastre. Además, ese aumento del PIB también trae consigo una mejora en los procesos de recogida de información, lo que se debería reflejar en una recopilación más completa de los desastres con el tiempo. Por otro lado, es bien sabido que el aumento del PIB se relaciona estrechamente con la emisión de gases de efecto invernadero y el cambio climático, una de cuyas manifestaciones es el aumento de la frecuencia de episodios climáticos extremos. Finalmente, si existe un cambio geomorfológico global como el que aquí se comenta, el aumento del PIB tendría como consecuencia una creciente alteración de la superficie terrestre. El primero de los factores indicados debería afectar a los tres tipos de

desastres, el segundo a los de tipo climático e hidrogeomorfológico, y el tercero solamente a estos últimos. Por tanto, si la hipótesis propuesta es correcta, el mayor aumento en la frecuencia de los desastres debería corresponder a los debidos a procesos geológicos superficiales, seguidos de los estrictamente climáticos y de los geológicos de origen interno. Además, la mejor correlación entre PIB y frecuencia de desastres se debería encontrar para los desastres de tipo hidrogeomorfológico y la peor para los geológicos internos.

### Frecuencia de desastres naturales en distintos continentes, desde 1900.

- 1) Desastres de tipo climático;
- 2) Desastres debidos a procesos geológicos superficiales;
- 3) Desastres debidos a procesos geológicos internos.

Forte, 2011.

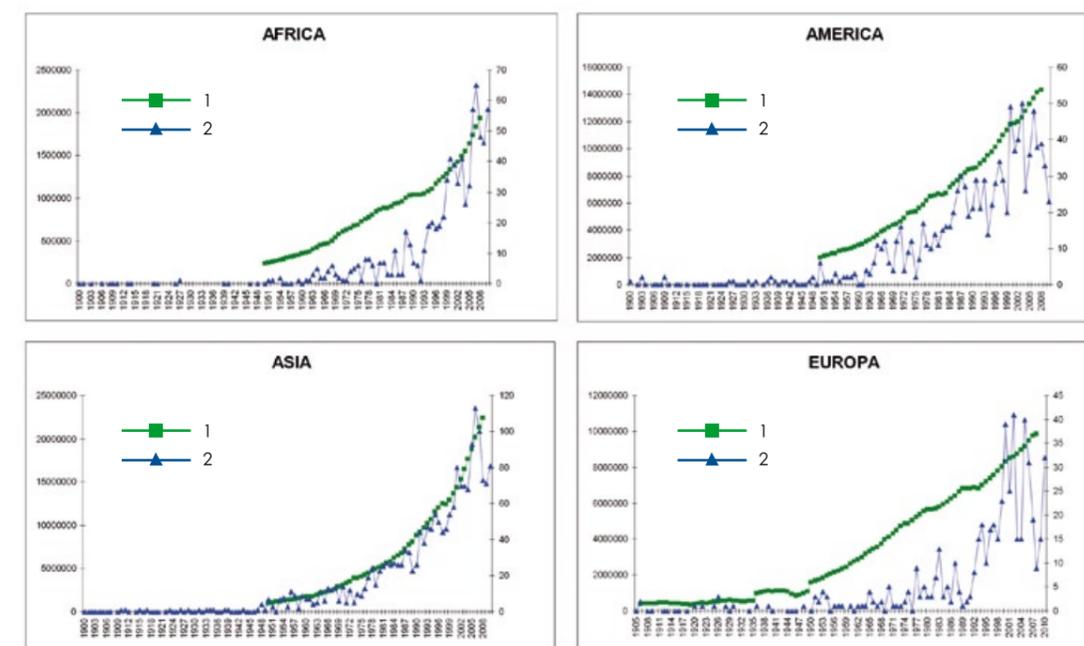
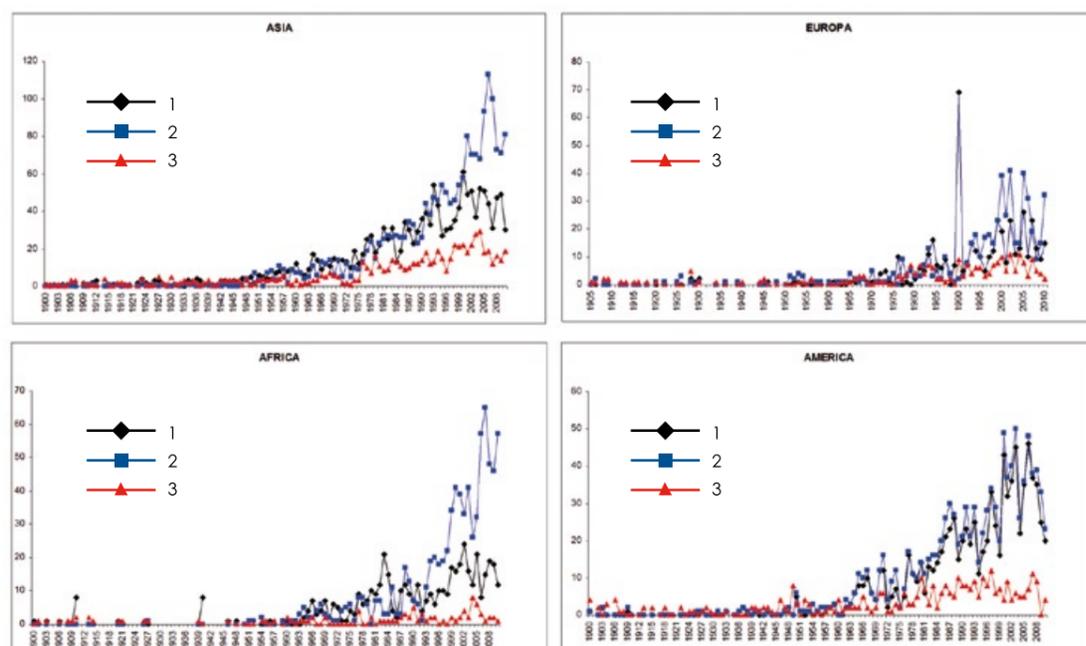
Datos obtenidos por Forte<sup>12</sup>, a partir de distintas bases de datos de ámbito global, han arrojado los resultados que se resumen en las figuras y tablas anexas (páginas 91, 92 y 93). Según se puede apreciar, las tendencias de aumento de los desastres en los cuatro grandes continentes siguen la pauta esperada. El factor de aumento de los desastres también se

**Correlación entre frecuencia de desastres naturales y PIB (1950-2008). En verde, máximo coeficiente de correlación; en rojo, mínimo coeficiente (derecha).**

- 1) PIB en 10<sup>6</sup> US\$;
- 2) Frecuencia de desastres naturales debidos a procesos geológicos superficiales (abajo).

Forte, 2011.

CONTINENTES	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN
Desastres hidrogeomorfológicos	
África	0,8699
América	0,9177
Asia	0,9650
Europa	0,7246
Desastres climáticos	
África	0,8016
América	0,9106
Asia	0,8595
Europa	0,5679
Desastres geológicos internos	
África	0,5207
América	0,6959
Asia	0,8234
Europa	0,7461



# El cambio global y el Antropoceno; más allá del clima

comporta según lo esperado en la gran mayoría de las regiones. Para aquellas en las que eso no ocurre, no es difícil encontrar explicaciones verosímiles. Es de señalar que desde 1950 ha habido un generalizado y considerable incremento de la frecuencia de los desastres debidos a procesos geológicos superficiales, con factores de aumento que oscilan entre 3 y 40. Sin embargo, según muestran los datos presentados por el IPCC,<sup>13</sup> las precipitaciones totales o la frecuencia de lluvias intensas en ese mismo periodo han aumentado ligeramente en unas regiones del mundo y permanecido estables o disminuido en otras. Esto sugiere, en contra de lo indicado en algunos análisis,<sup>14</sup> que difícilmente podemos achacar a las lluvias el creciente impacto de riesgos geológicos superficiales tales como inundaciones o deslizamientos.

Si lo antedicho se confirmara por medio de análisis adicionales, nos encontraríamos con que otra característica importante del Antropoceno sería un notable aumento de los riesgos debidos a procesos geológicos superficiales, y que ese aumento no sería, principalmente, consecuencia de los cambios que producimos en el clima, sino de los causados sobre la superficie terrestre. Esto, sin duda, sí tendría repercusiones importantes para el bienestar humano, e indicaría que las acciones encaminadas a mitigar esos riesgos seguramente se deberán abordar de manera distinta.

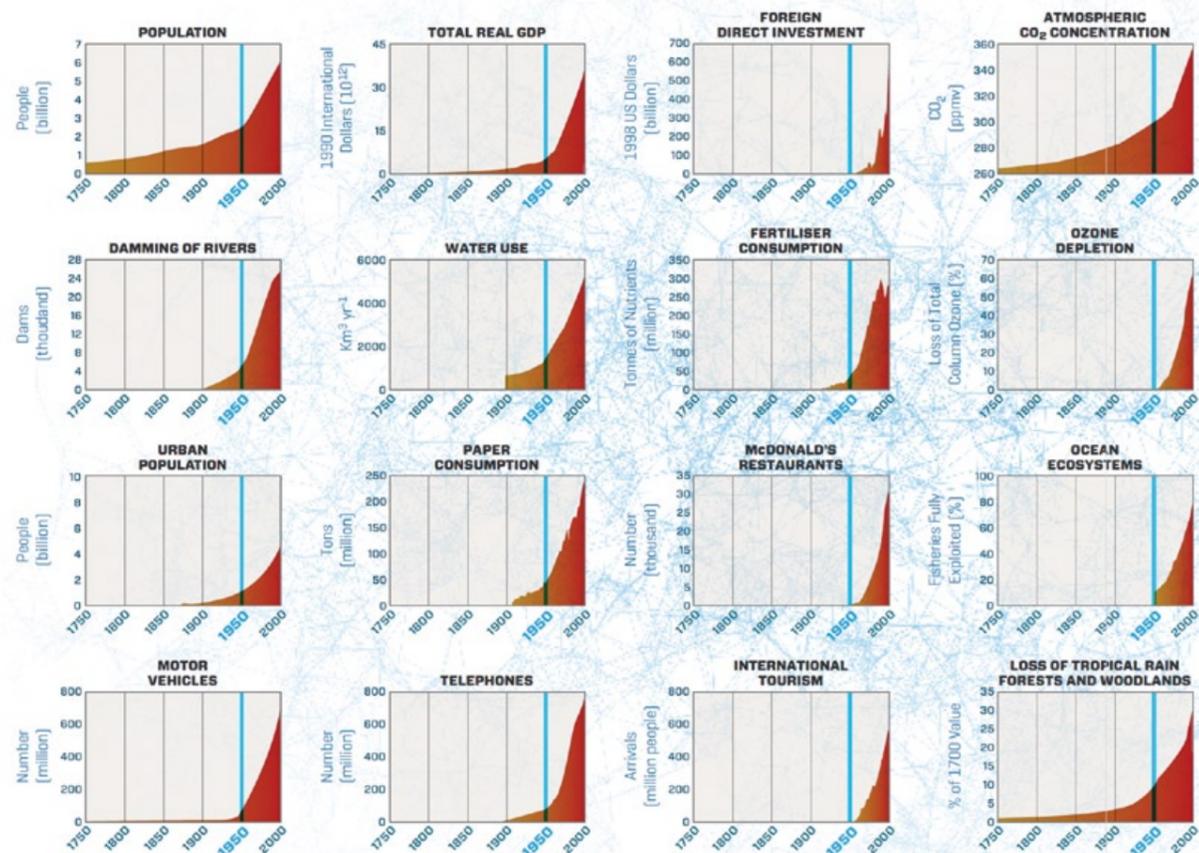
## LA "GRAN ACCELERACIÓN" Y EL ANTROPOCENO

Los datos presentados más arriba dejan pocas dudas con respecto a la gran y creciente

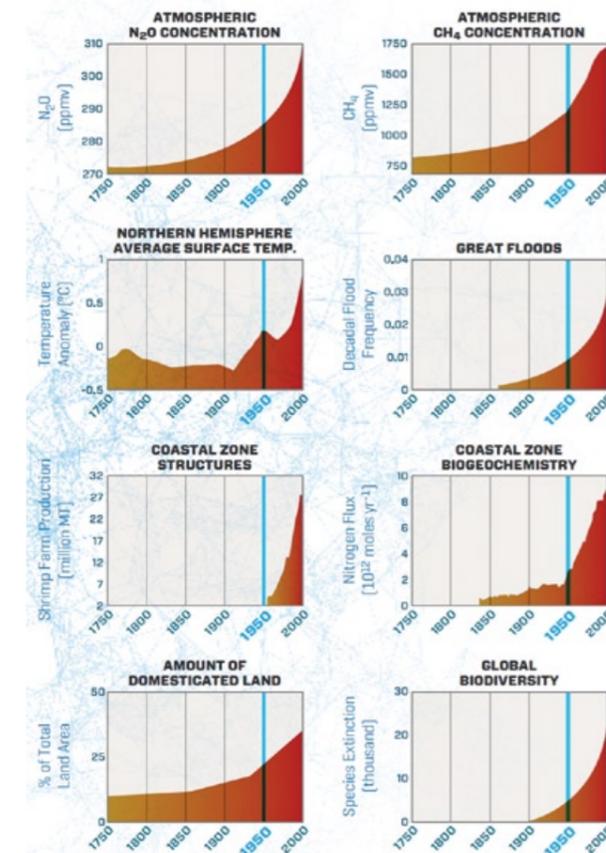
influencia de la especie humana sobre las distintas esferas terrestres y sobre los procesos que funcionan en las mismas. Esa modificación se ha dejado sentir, de manera particularmente importante, a partir de la expansión demográfica y económica que siguió a la Segunda Guerra Mundial. Es lo que se ha llamado la "Gran Aceleración",<sup>14</sup> cuyas manifestaciones principales se muestran en la figura anexa. Tanto los indicadores de la intensidad de las actividades humanas (lado izquierdo de la figura) como los de los efectos sobre el medio (lado derecho)

### La "Gran Aceleración".

Steffen et al., 2011a.



INDICADORES DE INTENSIDAD DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS



INDICADORES DE LOS EFECTOS SOBRE EL MEDIO

## REFERENCIAS

1. Bruschi V., Bonachea J., Remondo J., Forte L.M., Hurtado M. y Cendrero A. (2013) (en prensa). "¿Hemos entrado ya en un nuevo periodo de la Historia de la Tierra?" Rev. R. Acad. Cien. Exact. Fis. Nat. (Esp). Bruschi V. M., Bonachea J., Remondo J., Gómez-Arozamena J., Rivas V., Barbieri M., Capocchi S., Soldati M. y Cendrero A. (2013b) "Land management versus natural factors in land instability; some examples in northern Spain. Environmental Management" (enviado).
2. Marsh G. P. (1874) "The Earth as modified by human action (a new edition of Man and Nature, 1856)". New York: Scribner, Armstrong & Co.
3. Ter-Stepanian G. (1988) "Beginning of the Technogene". Bulletin of the International Association of Engineering Geology 38, 133-142.
4. Crutzen P. J. (2002) "Geology of mankind". Nature 415, 23-23.
5. Price S. J., Ford J. R., Cooper A. H. y Neal C. (2011) "Humans as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain". Philosophical Transactions of the Royal Society of London A369 (1938), 1056-1084.
6. Cendrero A., Remondo J., Bonachea J., Rivas V. y Soto J. (2006) "Sensitivity of landscape evolution and geomorphic processes to direct and indirect human influence". GeogrFisGeodinQuatern 29, 125-137.
7. González-Díez A., Remondo J., Díaz de Terán J.R. y Cendrero A. (1999) A methodological approach for the analysis of the temporal occurrence and triggering factors of landslides. Geomorphology 30, 95-113.

## El cambio global y el Antropoceno; más allá del clima

muestran un fuerte aumento hacia la mitad del pasado siglo, lo mismo que mostraban las tasas de sedimentación y los desastres debidos a procesos geológicos superficiales. Eso indica que la "Gran Aceleración" incluye una "gran aceleración geomorfológica". Esta gran aceleración, que de manera generalizada afecta al planeta, dejará en el registro geológico numerosas huellas o marcadores estratigráficos (en la naturaleza de los sedimentos, su composición química y sus tasas de acumulación; en la composición química de los hielos polares y de los gases atrapados en ellos; en la presencia/ausencia o abundancia relativa de especies, etc.) que permitirán identificar la misma en el futuro.

Parece pues razonable considerar que el inicio del Antropoceno debería coincidir con el inicio de esa gran aceleración, más que con el comienzo de la Revolución Industrial. Como ya se ha indicado anteriormente, el final del siglo XVIII marca el momento en el que empezamos a adquirir, como especie, la capacidad de modificar de forma profunda el planeta. Sin em-

bargo, la modificación real y generalizada de la biosfera, atmósfera, hidrosfera y capa superficial de la litosfera no se produce hasta siglo y medio después.

Todo parece indicar que ya estamos en una situación en la cual la evolución biológica y las extinciones de especies, así como la variación de la composición de la atmósfera y la hidrosfera y la evolución del clima, están fuertemente condicionadas por la influencia humana. En cuanto a los procesos geológicos superficiales, la contribución de las personas parece ser, al menos, un orden de magnitud superior a la de los agentes naturales. Esa contribución probablemente aumentará un orden de magnitud o más antes de que acabe el presente siglo.

Lo anterior muestra que, en relación con el cambio global, no parece conveniente que limitemos nuestra atención al clima como ex-

plicación principal de todas las manifestaciones de ese cambio. En particular, si queremos abordar la mitigación de los riesgos geomorfológicos, parece aconsejable que miremos algo menos al cielo y mucho más al suelo.

Viola Bruschi (a), Jaime Bonachea (a), Juan Remondo (a), Luis M. Forte (b), Martín Hurtado (b) y Antonio Cendrero (a-b)

- a. Dpto. de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada Facultad de Ciencias Universidad de Cantabria
- b. Instituto de Geomorfología y Suelos Universidad Nacional de La Plata Argentina

**“Si queremos abordar la mitigación de los riesgos geomorfológicos, parece aconsejable que miremos algo menos al cielo y mucho más al suelo.”**



8. Rivas V., Cendrero A., Hurtado M., Cabral M., Giménez J., Forte L., del Río L., Cantú M. y Becker A. (2006) Geomorphic consequences of urban development and mining activities: an analysis of study areas in Spain and Argentina. *Geomorphology* 73 (3-4), 185-206.
9. Syvitski J. P. M., Kettner A. (2011) Sediment flux and the Anthropocene. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369 (1938), 957-975. Syvitski J. P. M., Vörösmarty C. J., Kettner A. J. y Green P. (2005) Impacts of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. *Science* 308, 376-380.
10. Bonachea J., Bruschi V. M., Hurtado M., Forte L. M., da Silva M., Etcheverry R., Cavallotto J. L., Dantas M., Pejon O., Zuquette L., Bezerra M. A., Remondo J., Rivas V., Gómez-Arozamena J., Fernández G. y Cendrero A. (2010) Natural and human forcing in recent geomorphic change; case studies in the Rio de la Plata basin. *Science of the Total Environment* 408, 2674-2695.
11. Bruschi V. M., Bonachea J., Remondo J., Gómez-Arozamena J., Rivas V., Méndez G., Naredo J.M. y Cendrero A. (2012) Analysis of geomorphic systems' response to natural and human drivers in northern Spain: Implications for global geomorphic change. *Geomorphology* (en prensa).
12. Forte L. M. (2011) Análisis de las tendencias de variación en las tasas de actividad de los procesos geomorfológicos y de sus implicaciones para los riesgos naturales. Trabajo de fin de Master, Universidad de Cantabria.
13. IPCC (2007) *Climate change 2007: synthesis report*. Cambridge University Press, Cambridge.
14. Steffen W., Grinevald J., Crutzen P. y McNeill J. (2011) The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 369, 842-867. Steffen W., Sanderson R. A., Tyson P. D., Jäger J., Matson P. A., Moore III B., Oldfield F., Richardson K., Schellnhuber H. J., Turner B. L. y Wasson R. J. (2004). *Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.

# Los TESOROS de la FACULTAD



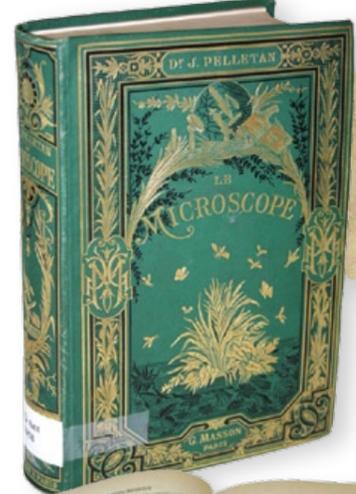
Fondos del antiguo Museo de Biología



INSTRUMENTA: colección de instrumentos de laboratorio



BOTÁNICA: Murales Antiguos



Fondos bibliográficos de la Facultad de Ciencias



Fondos del Museo Paleontológico



Colección García de Galdeano

## Premio San Alberto Magno de Fotografía 2012

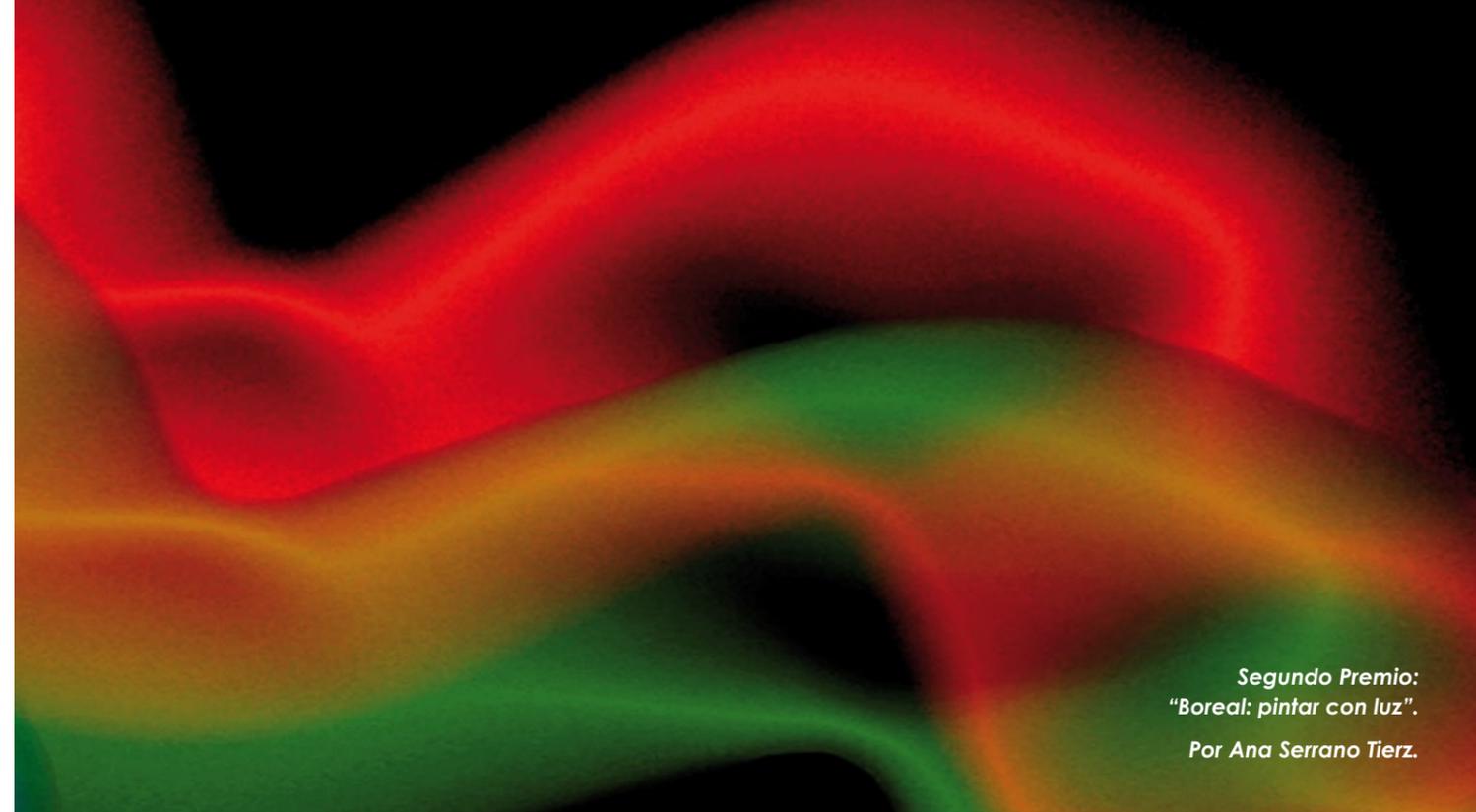
**E**l pasado noviembre, como lleva sucediendo en años anteriores, se convocó una nueva edición del premio de fotografía San Alberto Magno gracias a un acuerdo de colaboración entre la Cátedra de Divulgación Científica José M<sup>o</sup> Savirón y la Facultad de Ciencias. Este concurso se ha convertido en una cita fija para todos aquellos amantes de la fotografía que intentan aportar una visión artística sobre la Ciencia.

La calidad de las obras presentadas esta edición volvió a mostrar un nivel excelente, haciendo difícil para el jurado la elección de las imágenes premiadas. En este jurado, además de miembros de la comunidad universitaria, formaban parte destacados nombres del

mundo artístico de la ciudad, en particular, el ámbito de la fotografía estuvo representado por Julio Álvarez Sotos, director de la Galería SPECTRUM. El jurado valoró la originalidad, calidad artística y técnica y contenido científico de las obras presentadas.

Alba Pérez Vela fue la ganadora del concurso con la fotografía "**Fibonacci en nácar**" donde la perfección, la belleza y las matemáticas toman forma en un esqueleto de nautilus "ya que reproduce una espiral que se puede construir utilizando rectángulos con la proporción áurea".

El segundo premio recayó en la fotografía "**Boreal: pintar con luz**" presentada por Ana Serrano Tierz. Esta fotografía tomada en un



Segundo Premio:  
"Boreal: pintar con luz".  
Por Ana Serrano Tierz.

interior, totalmente a oscuras salvo los puntos de luz, intentaba "generar una sensación de movimiento inspirado en la aurora boreal".

Una instantánea muy diferente en concepto y colorido, "**Time wrinkles**", obtuvo el tercer premio. En ella, Gennaro Cortese nos muestra el paso del tiempo aprovechando la superficie de una corteza de árbol, en una composición fotográfica de alto valor técnico.

Los premios fueron entregados el pasado 16 de noviembre en el acto en honor de San Alberto Magno por Alberto Carrión, promotor de la Cátedra de Divulgación Científica José M<sup>o</sup> Savirón.

Concepción Aldea  
Vicedecana de Proyección  
Social y Cultural  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza



Tercer Premio:  
"Time wrinkles".  
Por Gennaro Cortese.



Primer Premio:  
"Fibonacci en nácar".  
Por Alba Pérez Vela.

Puentes de comunicación con nuestros

# ANTIGUOS ALUMNOS



Si eres Antiguo Alumno  
**INSCRÍBETE EN NUESTRA WEB**

<http://ciencias.unizar.es/web/antiguosInicio.do?perfil=antiguos>

*¡Te estamos esperando!*

## Exposición: Los Tesoros de la Facultad

Desde el año de su fundación, en 1868, la Facultad de Ciencias ha sido un referente en generación de conocimiento científico y la depositaria del trabajo de muchas generaciones. También lo es de otros tesoros más tangibles, que constituyen un testimonio de dicha actividad investigadora y docente desde sus inicios, y que paulatinamente van saliendo a la luz. Estas colecciones nos muestran piezas que aúnan Ciencia, Historia y Arte.

El 29 de febrero de 2008, cincuenta y seis instrumentos antiguos de laboratorio servían de muestra para obtener una visión general de cómo habían evolucionado a lo largo de casi dos siglos estos compañeros infatigables del trabajo del científico. Se llevaba a cabo la inauguración de **INSTRUMENTA**. Actualmente en

**INSTRUMENTA** se exponen un total de casi 300 aparatos procedentes de la colección de la Facultad de Ciencias.

Fondos procedentes del Museo de Biología de la Facultad de Ciencias y del Museo de Paleontología de la Universidad de Zaragoza, hicieron posible que la Facultad de Ciencias se sumara a las celebraciones del 200 aniversario del nacimiento de Charles Darwin y 150 aniversario de la publicación del "Origen de las especies por medio de la selección natural", organizando la exposición **Darwinismo: la evolución selectiva**. Los contenidos expuestos permitían realizar un recorrido visual y formativo sobre la obra y la vida del científico.

Pero todavía había más tesoros por descubrir. La exposición interactiva **Imaginary**, en la que el



Uno de los instrumentos mostrados en la exposición permanente INSTRUMENTA.

Exposición "Los Tesoros de la Facultad".  
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.

Fotografías de la Facultad de Ciencias.



Arte y las Matemáticas aparecen entrelazados, organizada por la Real Sociedad Matemática Española con ocasión de su centenario, contaba, en su parada en Zaragoza, con un valor añadido, ya que incluía una colección de esculturas geométricas de principios del siglo XX, que el profesor Zoel García de Galdeano donó a la Facultad de Ciencias, y que ahora pueden ser contempladas en nuestras instalaciones.

Exposición Imaginary  
y detalle de una de  
sus piezas.



## Exposición: Los Tesoros de la Facultad



### FONDOS BIBLIOGRÁFICOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

A estos fondos se suma la bibliografía utilizada por quienes nos precedieron en el estudio, y nos permite apreciar, además, la belleza de la presentación de los contenidos, convirtiéndose algunos de estos libros en obras de arte.

Entre los ejemplares expuestos podemos encontrar títulos de Química, Botánica y Física como una edición de 1935 de **Radioactivité** de Marie Curie (París, Hermann, 1935), una enciclopedia popular ilustrada de Ciencias y Artes, formada con arreglo a la Enciclopedia iconográfica y el Conversations lexicon de Alemania por Federico Gillman (Madrid, Gras y compañía, 1881-1885) y varios tomos de **La Creación: Historia Natural**, traducida por Juan Montserrat y Archs de la última edición alemana de la obra del célebre autor A. E. Brehm (Barcelona, Montaner y Simón, 1883).

Otro curioso ejemplar es **Flora de Filipinas** de Manuel Blanco, que cuenta en su interior con un manuscrito inédito del P. Ignacio Mercado, las obras del P. Antonio Llanos y de un apéndice con todas las nuevas investigaciones botánicas referentes al Archipiélago Filipino en dicha fecha. Además, podemos encontrar en dicho libro una dedicatoria autógrafa de los PP. Agustinos del Real Colegio del Escorial, y el agradecimiento autógrafo del Rector de la Universidad de Zaragoza, D. Antonio Hernández y Fajarnés y el Decano de la Facultad de Ciencias, D. Bruno Solano Torres.

**“Estas colecciones nos muestran piezas que aúnan Ciencia, Historia y Arte.”**

utilizadas para la docencia de las Ciencias a finales del siglo XIX y comienzos del XX. Se trata de cromolitografías sobre planchas de zinc o aluminio y fueron impresas alrededor de 1897 y 1910 en Alemania (Leipzig, Stuttgart, Berlín, etc.) y Francia (Editeur Monroca, París) respectivamente.

Son láminas que están dibujadas, unas con lápiz litográfico y punteados, y otras con pincel y tinta litográfica para las manchas o las grandes zonas de color. En las láminas en color, encontramos desde 2 colores, las más sencillas, hasta 15 o más colores.

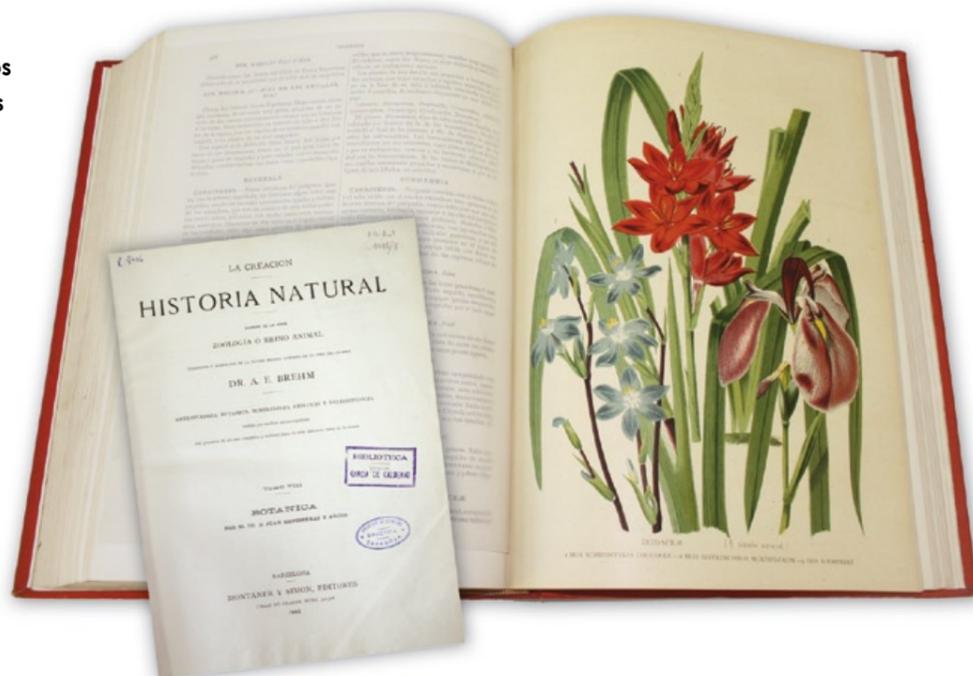
Tal como indica Silvia Pagliano en el número 8 de *conCIENCIAS*, el procedimiento litográfico

### COLECCIÓN DE LÁMINAS DE BOTÁNICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

La recuperación de una extensa colección de murales antiguos ha supuesto el hallazgo de un verdadero tesoro. Estos murales tuvieron un carácter fundamentalmente pedagógico y eran

Vitrina con varios ejemplares de los fondos bibliográficos de la Facultad de Ciencias (arriba) y uno de los libros expuestos en la misma (abajo).

Fotografías de la Facultad de Ciencias.



Exposición BOTÁNICA: murales antiguos. Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.

## Exposición: Los Tesoros de la Facultad

es el siguiente: a partir de un dibujo original, se hacen los calcos de cada color y se decalcan sobre cada una de las planchas, con las cruces de registro correspondientes. Después se procede al dibujo de las mismas siempre con los mismos materiales litográficos: lápiz, tinta líquida o sólida, etc., independientemente de la plancha que se estampe en color. Se preparan luego químicamente y, pasado un período de 24 horas, se colocan en la prensa para su estampación. Primero se imprimen los colores más claros siguiendo hasta los más oscuros y, finalmente, el negro, lo que produce un gran contraste de color. Estos colores presentan diferente grado de brillo u opacidad, debido a los distintos pigmentos y aglutinantes de las tintas.

La mayor parte de los murales de la colección de la Facultad de Ciencias han sido impresos con las máquinas rotocalco que operaban ya en Alemania a partir de 1840.

### BOTÁNICA: MURALES ANTIGUOS

Una selección de estos murales constituyen la exposición **BOTÁNICA: murales antiguos**.

Estos murales han sido agrupados en cuatro categorías: flores ornamentales, de los árboles, cultivadas y silvestres, y se pueden contemplar en el hall del edificio D. Ello nos da la oportunidad de observar la belleza que encierran estas piezas y su carácter didáctico. La profesora M<sup>a</sup>

Luisa Peleato analiza los contenidos de los murales expuestos. Sirva como ejemplo, una muestra:

#### Flores que se transforman en fresas *Fragaria vesca* L. (Fam. Rosáceas)

El protagonismo de esta imagen se centra en la forma de reproducción de esta especie: un tallo, un "estolón", se encamina rastrero a contactar con suelo algo alejado de la planta madre y, ahí, arraiga emitiendo raíces adventicias. En la planta se observan flores en distinto estadio de desarrollo, como la previa a la antesis o apertura de la flor, y varias etapas de su transformación en el fruto. Cortes longitudinales muestran una flor y una fresa madura. La parte femenina de la flor, gineceo, está formada por

#### Una de las vitrinas de la exposición **BOTÁNICA: Murales Antiguos.**

Fotografías de la Facultad de Ciencias.

#### Murales de la colección:

1. Flores que se transforman en fresas.
2. Orquídeas.
3. Flor del castaño de indias.



1.

carpelos separados que se insertan en el receptáculo que, al madurar, crece y adquiere color rojo. Nótese, no obstante, que se trata de las fresas silvestres, no de las variedades cultivadas de fresas y fresones que están en nuestros mercados.

#### Orquídeas

Probablemente *Orchismorio* L.  
(Fam. Orquidáceas)

Este cartel representa una orquídea, cuyo nombre hace referencia a la disposición de los tubérculos (orchis: testículos), que se observan en la parte izquierda inferior del mismo. Es interesante destacar que el autor quiso incidir en la enorme relación que existe entre estas plantas y sus insectos polinizadores y en este caso aparece expresado claramente. Las flores, mostradas para destacar su fuerte simetría bilateral, destacan el gran labio o labelo con un color más intenso que el resto de las piezas, y que ocupa el protagonismo en este cartel.



2.

#### Flor del castaño de indias *Aesculus hippocastanum* L. (Fam. Hippocastanaceae)

Las imágenes muestran detalles de un racimo de flores con la típica hoja de este árbol. La hoja del castaño de indias (palmaticompuesta) se encuentra reiteradamente utilizada en la decoración del Paraninfo de nuestra universidad, en las vidrieras. Las yemas florales, flores, con sus 5 pétalos y 7 estambres,



3.



## Exposición: Los Tesoros de la Facultad

cortes transversal y longitudinal del ovario, el fruto espinoso y la semilla están cuidadosamente representados. Sus "castañas" no son comestibles. Su nombre vulgar se debe a un error en cuanto a su origen: India oriental; en realidad, su origen es la península Balcánica.

### Tulipanes

*Tulipa gesneriana* L.  
(Fam. Liliáceas)

En el cartel se da protagonismo al bulbo y a su dinámica fisiológica. Se observa cómo brota el tallo y también, en otro dibujo, cómo se forman los nuevos bulbos. Las flores están muy bien detalladas, incluyendo detalle y cortes transversales tanto del gineceo (parte femenina de la flor, pistilo) como del androceo (parte masculina de la flor, estambres). Muestra también los 6 tépalos, con un cáliz y corola indistinguibles. Se detalla también la liberación de los granos de polen, incluso muestra su morfología al microscopio óptico. Una persona que no hubiera visto nunca tulipanes podría hacerse una imagen muy completa de esta planta observando el dibujo.



**Mural correspondiente a los tulipanes (arriba) y dos vitrinas de la exposición (abajo).**

Fotografías de la Facultad de Ciencias.

La exposición también recoge información sobre las técnicas y procedimientos de impresión utilizados en la elaboración de dichos murales, así como un viaje a través de la Historia de la litografía.

### AGRADECIMIENTOS

Desde la dirección de la Facultad queremos agradecer la generosa ayuda mostrada por Julio Amaré, María Luisa Peleato, Silvia Pagliano, Roberto Soriano, M<sup>a</sup> Teresa Lozano y Julio Bernués. Su colaboración y sus conocimientos han contribuido a que estas piezas que hoy se exponen puedan ser disfrutadas por todos. También queremos agradecer a la Cátedra IQE (Industrias Químicas del Ebro) y a la Cátedra Savirón su patrocinio y colaboración.

Concepción Aldea  
Vicedecana de Proyección  
Social y Cultural  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza



1. Una de las vitrinas de la exposición.
2. Cartel informativo.
3. Detalle de una cartela explicativa.



<http://ciencias.unizar.es/aux/conCIENCIAS/numero1.pdf>



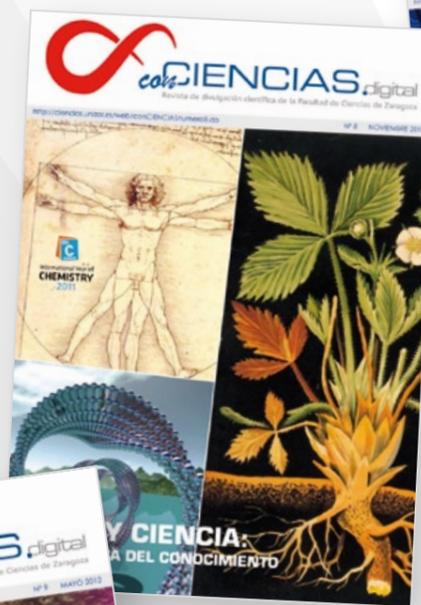
<http://ciencias.unizar.es/aux/conCIENCIAS/numero2.pdf>



<http://ciencias.unizar.es/aux/conCIENCIAS/numero3.pdf>

*¡Descárgala gratis!*

<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero8.do>



<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero7.do>

<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero4.do>



<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero9.do>



<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero10.do>

<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero5.do>



<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero6.do>

<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero11.do>





# con CIENCIAS.digital

Revista de divulgación científica de la Facultad de Ciencias de Zaragoza

## Patrocinan:

