



*con* CIENCIAS.digital

REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

[divulgacionciencias.unizar.es/revistas/web/revistas/revista/29](http://divulgacionciencias.unizar.es/revistas/web/revistas/revista/29)

Nº 29 NOVIEMBRE 2022

La CIENCIA y nuestro ENTORNO





Nº 29 / NOVIEMBRE 2022

**REDACCIÓN**

Dirección:  
Ana Isabel Elduque Palomo

Subdirección:  
Ángel Francés Román

Diseño gráfico y maquetación:  
Víctor Sola Martínez ([www.vicsola.com](http://www.vicsola.com))

Comisión de publicación:  
Blanca Bauluz Lázaro  
María Luisa Sarsa Sarsa  
María Antonia Zapata Abad

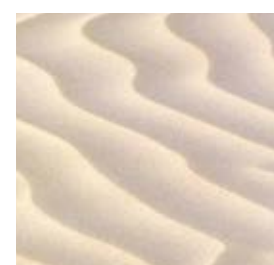
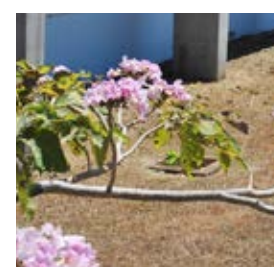
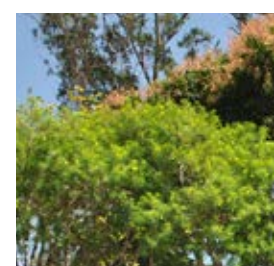
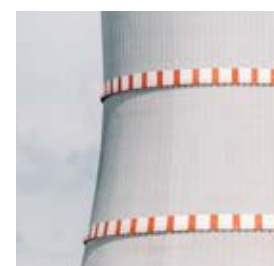
**EDITA**

Facultad de Ciencias,  
Universidad de Zaragoza.  
Plaza San Francisco, s/n  
50009 Zaragoza  
[web.ciencias@unizar.es](mailto:web.ciencias@unizar.es)

IMPRIME: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza  
DEPÓSITO LEGAL: Z-1942-08  
ISSN: 1888-7848 (Ed. impresa)  
ISSN: 1989-0559 (Ed. digital)

Imágenes: fuentes citadas en pie de foto.  
Fotografía de la portada: **Acer en otoño**, por Ana I. Elduque

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



<b>EDITORIAL</b> .....	<b>2</b>
<b>CUANDO EN EL VALLE DEL EBRO HABÍA DUNAS EÓLICAS</b> .....	<b>4</b>
M <sup>a</sup> Aránzazu Luzón, Antonio Pérez y M <sup>a</sup> Asunción Soriano	
<b>DE LO INVISIBLE A LO PREVISIBLE. EL CAMINO A LA FISIÓN NUCLEAR</b> .....	<b>24</b>
José Manuel Vicente	
<b>LA UME, INCENDIOS FORESTALES, EVOLUCIÓN Y RIESGOS</b> .....	<b>44</b>
Gustavo Abad	
<b>SERVETUS STUDIO®, MÁS DE 20 AÑOS DE CREACIÓN DE CORTOMETRAJES EN EDUCACIÓN SECUNDARIA Y BACHILLERATO</b> .....	<b>64</b>
Ignacio Cólera y Carlos Moreno	
<b>INSTITUTOS DE ESTUDIOS AVANZADOS LIGADOS A UNIVERSIDADES: LAS OPORTUNIDADES Y LAS TRAMPAS</b> .....	<b>80</b>
José Gracia Bondía	
<b>NOTICIAS Y ACTIVIDADES</b> .....	<b>92</b>





### La CIENCIA y nuestro ENTORNO

La Ciencia y nuestro entorno es un título ambicioso. Pero, ¿por qué no iba a serlo si nuestro trabajo lo es? Hacer ciencia, crear conocimiento, no es tarea sencilla pero, sobre todo, no es un trabajo sin ambición. La de saber cada día más, que no es poco.

Y hablo de nuestro entorno porque de eso tratan la mayor parte de nuestros artículos. Y, si no tenemos en cuenta el pequeño salto temporal de algunos millones de años, podemos decir que todos versan sobre lo que nos rodea, sea producto de la Naturaleza u obra del hombre.

¿Cómo era Zaragoza y su entorno durante el Pleistoceno? Saberlo es muy fácil. Leed el artículo de Aránzazu Luzón, Antonio Pérez y Asunción Soriano y sabréis mucho más que antes. El clima, sus fenómenos meteorológicos y los ríos que nos rodean siempre han conformado Aragón. Ya lo dijo Labordeta, "polvo, niebla, viento y sol...". No os lo perdáis.

Pero sigamos mirando a nuestro entorno. Hoy, que parece que han vuelto amenazas nucleares, es buen momento para aprender y recordar cómo nació la aventura nuclear. De las primeras investigaciones nacidas como consecuencia de la Nueva Física del siglo XX, al terror nuclear que acabó con la más cruenta de las conflagraciones bélicas de la Historia. Triste epílogo y amenazador prólogo de una nueva era. Esperemos que sigamos sabiendo mantener la mente fría y que las amenazas actuales queden solo en eso. José Manuel Vicente nos ayuda a entender más de lo anterior.

Pero si algo nos visita de forma inexorable, especialmente todos los veranos, son los terribles incendios forestales. Todos sabemos que los incendios se apagan en invierno pero, cuando tienen lugar, su extinción requiere mucho conocimiento, grandes aportaciones de la técnica y un gran saber hacer por parte de los profesionales. Los incendios, desgraciadamente, todavía tenemos que apagarlos en verano, y en los sitios más variopintos. Montañas y laderas despobladas, pero también zonas semiurbanizadas, son pasto de las llamas en España y en otros muchos países. El cambio climático nos obliga a ser pesimistas en cuanto a la proliferación de incendios. Es imprescindible saber más sobre su origen, su propagación y su extinción, y qué mejor forma de hacerlo que de la mano de todo un experto como Gustavo Abad.

Qué importante es comprender que hay una edad en la que aprender nuevo conocimiento, despertar las ganas de saber y crear conciencia de la importancia de avanzar en la sabiduría, y no en la magia o en la demagogia, es primordial. Esta edad, o edades si se prefieren, aparece cuando los niños buscan en su entorno y quieren experimentar con él. El final de la infancia y la adolescencia coinciden con el despertar de la curiosidad humana. ¿Coinciden o es que son su misma esencia? Da igual. Ignacio Cólera y Carlos Moreno, a través del Servetus Studio®, llevan más de veinte años aprovechando esta magnífica cualidad de los muchachos de secundaria. Magnífica iniciativa y magnífico artículo.

El desarrollo científico actual es tremendamente complejo y especializado. Pero, a pesar de parecer una contradicción, son más necesarias que nunca herramientas transversales, y no solo de cooperación intelectual. Las formas y los modos, la ética y las prácticas profesionales, y todo un conjunto de las llamadas *soft skills*, son más necesarias que nunca. Pero todo esto ¿se puede aprender siguiendo los modelos educativos y pedagógicos clásicos? No sé quién tiene la respuesta, pero sí que hay iniciativas disruptivas que es necesario conocer y, ¿por qué no? tenerlas en cuenta. Los Institutos de estudios avanzados ligados a universidades que nos presenta José Gracia Bondía son un buen ejemplo.

Ya ves lector que sí, que hoy íbamos a hablar del entorno. Porque por mucha y muy avanzada ciencia que se haga, esta solo tendrá sentido en la medida que sea capaz de mejorar la vida de los que habitamos este planeta y, eso, no es otra cosa que el entorno de nuestras vidas, sea natural o social.

Nos vemos en el próximo número.

Ana Isabel Elduque Palomo  
Directora de conCIENCIAS



Hojas de acer en otoño.  
Fotografía por Ana I. Elduque.



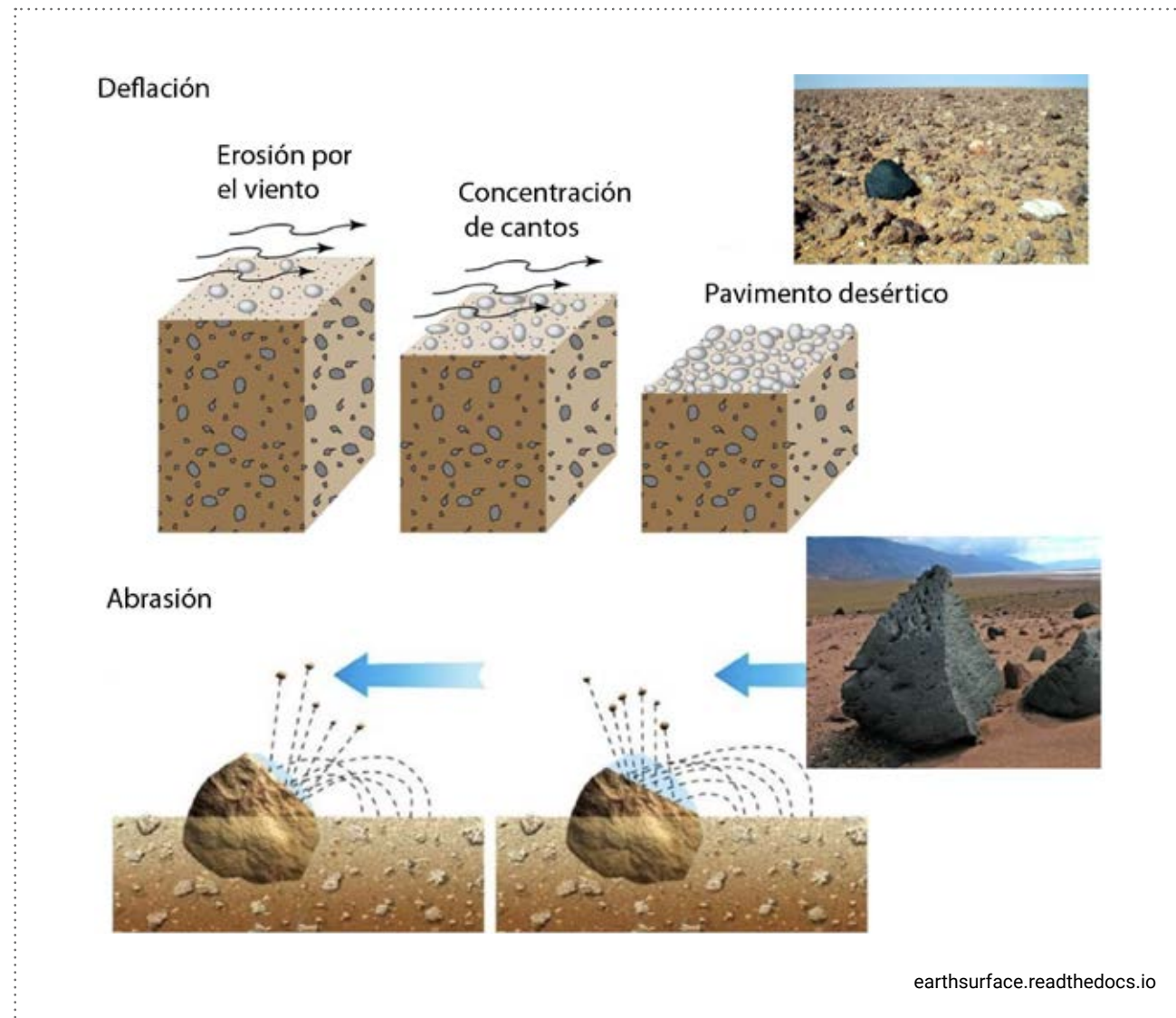


# Cuando en el valle del Ebro había dunas eólicas

“Las dunas eólicas son acumulaciones, principalmente de arena y limo, que el viento ha transportado previamente y cuya sedimentación da lugar a depósitos de diferentes formas y tamaños.”

M<sup>a</sup> Aránzazu Luzón,  
Antonio Pérez y  
M<sup>a</sup> Asunción Soriano





Los agentes externos modifican la superficie de la Tierra modelándola constantemente. Los más importantes son el hielo, el agua y el viento. Este último es el agente más débil, ya que su menor densidad y viscosidad le permite tan solo movilizar partículas de pequeño tamaño. Si existe humedad, y especialmente si se desarrolla vegetación, se dificulta sobremanera su acción. Por ello, el viento cobra mayor relevancia en aquellas zonas con características áridas independientemente de la temperatura, es decir, es importante tanto en ambientes cálidos (indudablemente los más conocidos) como fríos (sobre todo en áreas cercanas a zonas glaciares). Además, su actividad también es notable en zonas litorales. El origen de

“La actividad del viento causa la erosión, transporte y sedimentación de partículas. Produce deflación y abrasión.”

◀ Cuando un sedimento está formado por partículas de diferente tamaño (arena y grava) el viento puede transportar hacia otras zonas los granos de arena, dejando los cantos de grava acumulados y dando lugar a un sustrato pedregoso o pavimento desértico. Este proceso recibe el nombre de deflación. La abrasión se produce por el impacto de partículas transportadas por el viento sobre la superficie de una roca, provocando su desgaste y generando superficies pulidas en los cantos que se denominan ventifactos.

ción y por último suspensión. Uno u otro tipo dependerá, sobre todo, del tamaño de las partículas, transportándose las de mayor tamaño por tracción y las de menor en suspensión. Cuando disminuye la energía del viento y pierde su capacidad de transporte, se produce la sedimentación de los materiales que estaban en su seno.

Como resultado de la acción del viento se generan diferentes modelados, tanto erosivos como de acumulación, que pueden tener distinta escala. Entre los primeros destacan los ventifactos, pavimentos desérticos, yardangs y depresiones de deflación. Entre los segundos los *ripples* (rizaduras), las dunas (sin ninguna duda las más conocidas) y el loess. Los ripples tienen tamaño centimétrico mientras que las dunas alcanzan escalas incluso hectométricas y ambos suelen estar integrados por partículas de tamaño arena. En el caso de los loess, son arcillas y limos que han sido transportados durante grandes distancias y que recubren modelados preexistentes.

estas áreas con características áridas está condicionado por: la circulación global atmosférica (son las más extensas), el efecto sombra ejercido por cordilleras, la baja temperatura del agua del mar en zonas costeras y, finalmente, la lejanía del interior de zonas continentales con respecto al mar. Es por tanto en estas zonas donde la acción del viento tiene una mayor importancia.

Las formas generadas por el viento reciben el nombre de eólicas. El vocablo deriva del término griego Aíolos (referido a Eolo, dios de los vientos) que en latín derivó a Aeolicus y finalmente al castellano como eólico. Por tanto, este adjetivo se refiere a todo aquello vinculado al viento: corriente de aire que se genera de forma natural en la atmósfera debido a factores como las diferencias de temperatura o de presión.

La actividad del viento causa la erosión, transporte y sedimentación de partículas. Produce deflación (eliminación de material suelto superficial y de pequeño tamaño) y abrasión (desgaste por fricción). Las partículas se transportan de distintas formas, pudiendo ser el transporte por: tracción (rodadura y reptación), salta-

De todos los modelados eólicos mencionados, son sin ninguna duda las dunas las más conocidas, incluso se consideran las formas más representativas de los ambientes áridos. Han sido objeto de estudio desde finales del siglo XIX, siendo más abundantes los trabajos desde la primera mitad del siglo XX por parte de sedimentólogos





Imagen por Antonio Pérez.



Frantisek Staud. wwwphototravelsnet

Arriba: dunas del desierto del Sahara en la región de Merzouga. Las dunas que presentan las crestas puntiagudas son dunas de tipo barján. En el primer plano de la fotografía se observan dunas de crestas redondeadas debido al efecto cambiante en la dirección del viento.

Abajo: campo de dunas barjanoides e interdunas. Después de una tormenta en el desierto, el agua erosiona partes de las dunas dejando amplios espacios, temporalmente inundados, entre las dunas. Si el agua se mantiene durante cierto tiempo se generan pequeños lagos.

y geomorfólogos (Bagnold, 1941; Moiola y Spencer, 1979; Kocurek, 1996; Mountney, 2006; Pye y Tsar, 2009; Lancaster, 2009; Bristow y Mountney, 2013; Lancaster y Mountney, 2020). Curiosamente, tan solo el 25-30% de la superficie total de las zonas desérticas está integrada por arena, el resto son rocas, materiales detríticos gruesos, muy finos e incluso sedimentos fluviales. A nivel mundial las mayores extensiones arenosas se encuentran en el Sahara, Arabia, Asia central, Australia y, aunque menores, en zonas del oeste de Norte América, Sudamérica y Sur de África. Se localizan en latitudes tanto cálidas como frías. Pero las dunas no son formas exclusivas de la Tierra y, a pesar de que fuera de nuestro planeta las más estudiadas son las de Marte (Bridges y Ehlmann, 2017; Lapôtre y Rampe, 2018; Lapotre et al., 2021), Venus, la

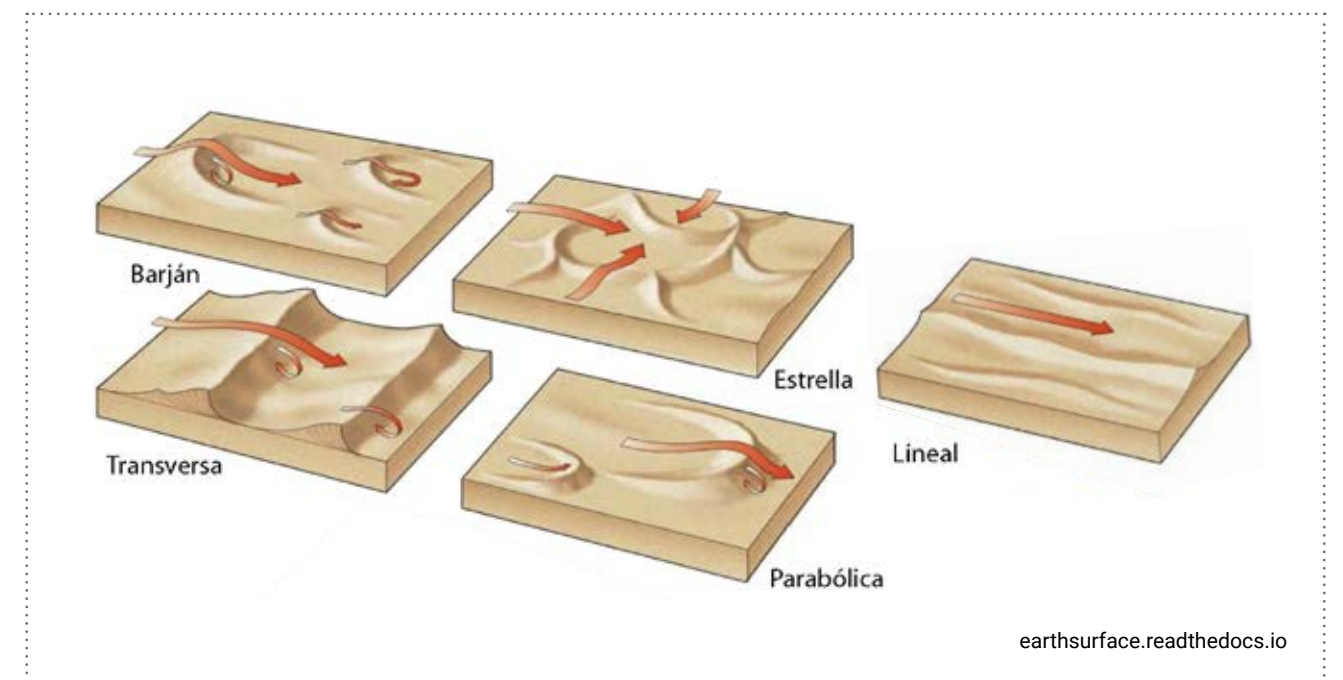
luna de Saturno o Titán tienen dunas como resultado de la existencia de una atmósfera y de disponibilidad de partículas tamaño arena. En cambio, es a través de los estudios geomorfológicos y sedimentológicos llevados a cabo en la Tierra a partir de los que se pueden interpretar los procesos externos y ambientes de sedimentación que se han desarrollado en otros cuerpos celestes.

**DUNAS EÓLICAS:  
MORFOLOGÍA Y ESTRUCTURA INTERNA**

Ya se ha indicado que las dunas eólicas son acumulaciones, principalmente de arena y limo, que el viento ha transportado previamente y cuya sedimentación da lugar a depósitos de diferentes formas y tamaños. La morfología tridimensional de las dunas es variada y relativamente compleja. Depende de factores tales como la dirección y velocidad del viento, la disponibilidad de arena, la humedad y la presencia de vegetación. Las dunas pueden aparecer aisladas o agrupadas formando campos de dunas cuya extensión varía desde decenas de metros a centenas de kilómetros de longitud y alcanzan hasta decenas de kilómetros de anchura. En función de su morfología, las dunas reciben diferentes nombres. En la imagen se representan los tipos más frecuentes. Una de las dunas más sencillas son los barjanes que se forman bajo la acción de vientos unidireccionales y en condiciones de poca disponibilidad de arena. Su altura oscila entre 3 y 10 metros.

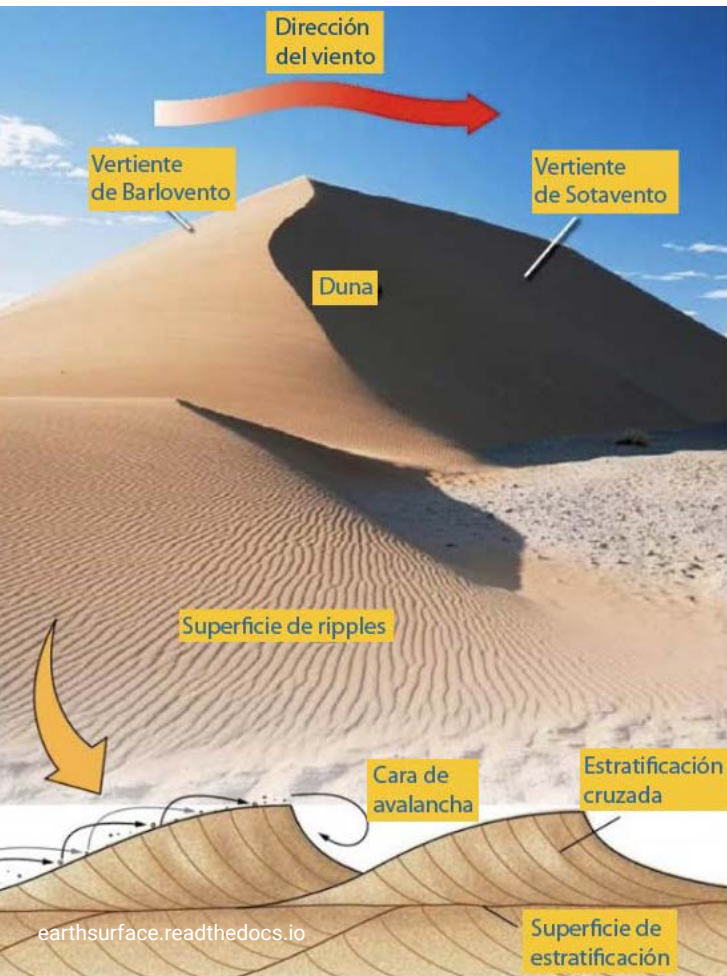
Las dunas lineales tienen grandes dimensiones (de 2 a 35 metros de altura), se desarrollan con vientos bidireccionales y elevada disponibilidad de arena. Las dunas en estrella alcanzan incluso 400 metros de altura y se forman con vientos multidireccionales y con gran disponibilidad de arena. En el caso de las dunas parabólicas es necesaria la presencia de obstáculos para su formación y, cuando la deflación es muy importante, se produce un alargamiento de los brazos de la duna, lo que le confiere un aspecto muy característico.

**Diferentes tipos de dunas eólicas. La forma depende de la cantidad de arena disponible y de la energía y cambios en la dirección del viento.**



earthsurface.readthedocs.io





Partes de una duna con las vertientes de barlovento y sotavento separadas por la cresta de la duna. La vertiente de barlovento se encuentra en el sentido contrario a la dirección del viento, y la de sotavento se inclina en el mismo sentido que la dirección del viento. Sobre la superficie de la duna se pueden desarrollar pequeños ripples que se disponen transversos a la dirección de la duna. En la parte inferior de la imagen se observa la estratificación cruzada característica de la estructura interna de las dunas. Viene dada por la superposición de láminas inclinadas en el sentido del desplazamiento del viento. Son el producto de la caída por avalancha de los granos que llegan a la cresta, transportados por el viento sobre la vertiente de barlovento. Sobre esta superficie se ha reflejado el modo de transporte (saltación) de los granos de arena.

Las dunas son formas fácilmente erosionables puesto que su capacidad de retención de agua es muy baja, dando lugar a una escasa cohesión entre partículas. En esas condiciones, si el viento es lo suficientemente fuerte, se inicia el transporte de arena y, debido a los constantes cambios en la velocidad y dirección de viento, las dunas están en continuo movimiento, superponiéndose y erosionando unas a otras, de manera que normalmente se conservan solo partes de dunas separadas por superficies de erosión. A pesar de su elevada erosionabilidad, pueden preservarse en el registro geológico si las condiciones son favorables, aunque raramente se encuentran completas. Su estudio e interpretación requiere de metodologías de trabajo propias de la Geología. Para poder comprender qué rocas sedimentarias antiguas se originaron por la acción del viento, debemos conocer cómo actúan los procesos sedimentarios eólicos y cuáles son la geometría y la estructura interna de los depósitos generados por estos procesos.

En general, los campos de dunas presentan una morfología particular con irregularidades de varios metros de altura definidas por altos (dunas propiamente dichas) y depresiones (interdunas). Considerando una duna individual, se pueden diferenciar dos partes separadas por la cresta de la duna: vertientes de barlovento y sotavento. La primera es una zona inclinada con pendiente suave en sentido contrario a la dirección del viento y el sotavento es la parte con fuerte inclinación en la dirección del viento. La cresta de la duna se dispone perpendicular a la dirección del viento.

Las partículas de tamaño menor de 50 micras se ponen en movimiento con velocidades bajas del viento (>60cm/s). Los tamaños inferiores a 20 micras se consideran polvo eólico (loess) y son transportados en suspensión, al igual que las partículas de tamaños entre 20 y 50 micras, que equivalen a la fracción limo fino. Las partículas de 50 micras a 2 milímetros (limo grueso y arena) se transportan predominantemente por saltación, las mayores a 2 milímetros por reptación (*creeping*) y si son superiores a este tamaño por el impacto de otras partículas. Las arenas transportadas por el viento presentan unos granos de tamaño muy uniforme, es lo que se llama sedimento muy bien clasificado. Las dunas están formadas casi exclusivamente por granos de arena cuyo movimiento es por saltación, de manera que un grano golpea a otro más grueso, no movable. El grano que golpea apenas pierde momento cinético y sigue saltando. El grano golpeado, que no puede saltar, es empujado y se desliza horizontalmente originando

Diferentes aspectos de la estructura interna de una duna.

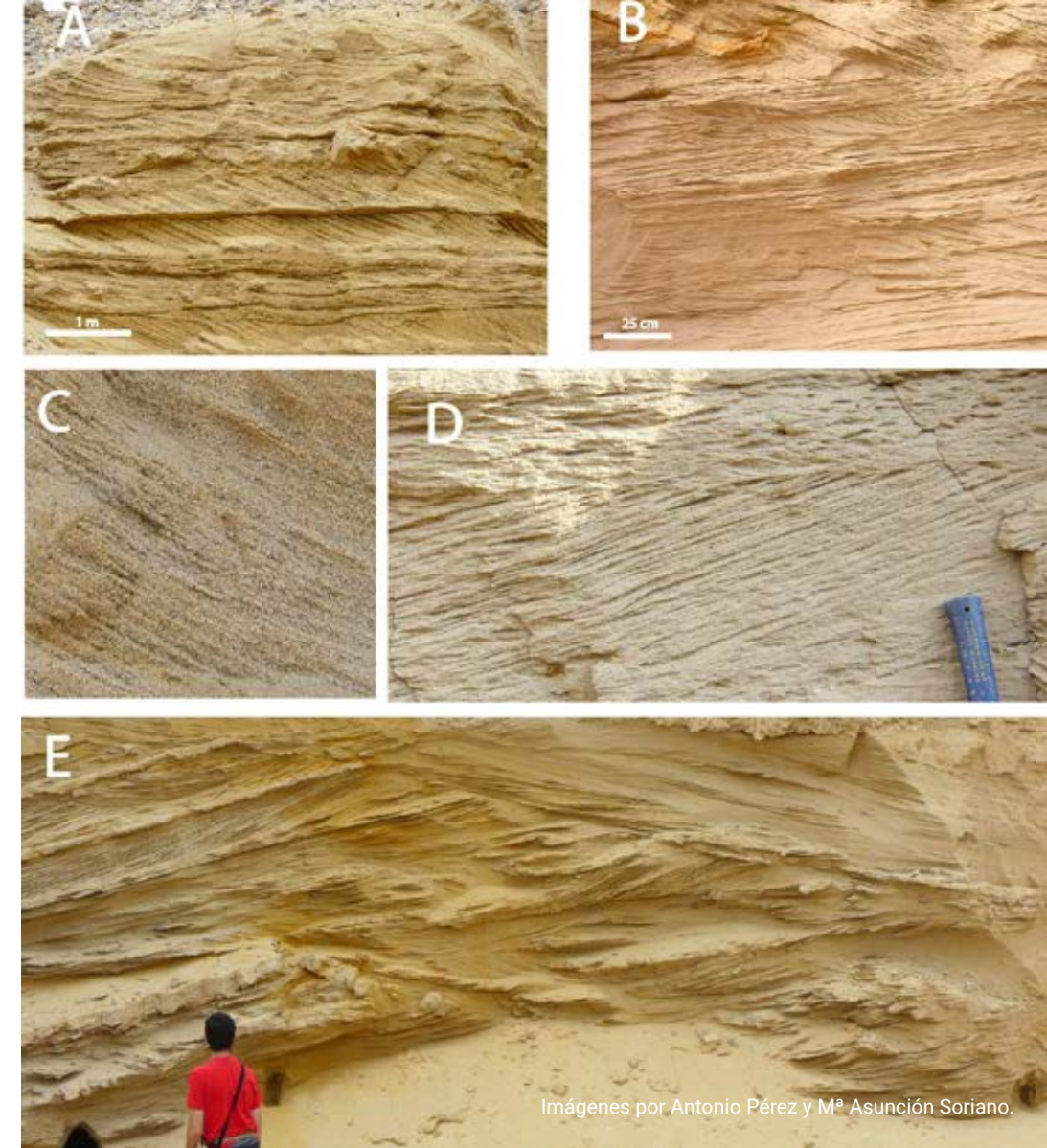
A: unidades de estratificación cruzada con láminas inclinadas en el mismo sentido, que es el de la dirección del viento.

B: estratificación cruzada en la parte inferior de la imagen y laminación cruzada y formas de ripples asimétricos en la parte superior.

C: organización interna de los granos de arena que componen las diferentes láminas.

D: estratificación y laminación cruzada. Se observan formas de megaripples asimétricos así como ripples asimétricos dando lugar a crenulaciones en algunas láminas.

E: estratificación cruzada de gran escala con láminas inclinadas en diferentes sentidos. Las fotografías han sido tomadas en diferentes graveras de extracción de áridos.



una superficie de deslizamiento continua. Si el grano que llega golpea a uno más pequeño, disipa su energía lanzando este al aire, que sigue el mismo proceso. Para una determinada fuerza del viento se produce un recorrido característico en saltos. En relación con las dunas, estos granos de arena se mueven sobre la vertiente de barlovento, constituyendo lo que se llama carga de fondo. Cuando llegan a la parte más alta o cresta se acumulan. Cuando esta acumulación se hace inestable, los granos caen por el sotavento en forma de avalancha generando un flujo de masas llamado *grainflow*, formando una lámina de granos inclinada en el sentido de la corriente. El sumatorio de láminas inclinadas generadas por ese proceso da lugar a la típica estructura interna de las dunas, la estratificación cruzada, cuyo reconocimiento es muy interesante ya que nos informa sobre la dirección y sentido del viento que ha generado la duna. Un conjunto de partículas, las más finas, pasan a permanecer en suspensión cuando superan la cresta de la duna y caen por su propio peso según un



proceso llamado caída de granos o *grainfall*. Las láminas de estratificación cruzada presentan una organización granocreciente debida a las avalanchas de granos de arena que en su caída van chocando unos contra otros generando un efecto de presión dispersiva, entendiéndose como tal el esfuerzo ascensional debido al efecto de rebote. De esta manera los granos al chocar generan una fuerza que es mayor cuanto más grande es el grano, y esta fuerza provoca que se desplacen hacia arriba, quedando los granos más pequeños hacia la base de la lámina de estratificación cruzada. A su vez, sobre la vertiente de barlovento cuando las condiciones del viento son poco energéticas, o hay mucho suministro de arena, pueden desarrollarse pequeñas formas onduladas, llamadas *ripples*, que dan lugar a láminas onduladas o crenulaciones sobre el techo de la duna. Estas formas también pueden generarse en su parte más baja o migrar a sotavento de la duna y dan lugar a la estructura interna conocida como laminación cruzada.

Para que una duna presente estratificación cruzada la vertiente de barlovento debe tener de 10-15° de inclinación y la de sotavento unos 33°, produciéndose la separación de granos transportados por las corrientes eólicas y el desarrollo de procesos de *grainflow* y *grainfall*. Si la pendiente es menor no se desarrollan estos procesos y los pequeños *ripples* transversos a la dirección de las dunas migran dando lugar a ondulaciones o crenulaciones y laminación cruzada. En este último caso la cresta de la duna es redondeada. Debido a que los vientos cambian fácilmente de dirección, funcionan simultáneamente condiciones de flujo transverso, oblicuo y longitudinal dando lugar a láminas inclinadas en múltiples direcciones. Asimismo, las condiciones de humedad o la fuerza

del viento son variables, y la capacidad de erosión de las dunas cambiante. Todo esto se traduce en estructuras internas complejas definidas por múltiples unidades de estratificación cruzada separadas por superficies de erosión y reactivación (ver imagen de la página anterior). A partir de todo ello, aspectos como la estructura interna de las unidades de sedimentación, su geometría, la medida de paleocorrientes deducidas de la dirección y del sentido de inclinación de las láminas de arena, y el tamaño de grano específico de las arenas que componen las dunas, pueden ayudar a establecer que nos encontramos ante depósitos generados en un ambiente desértico, dominado por la acción de procesos eólicos.

### EL PAISAJE DEL ENTORNO DE ZARAGOZA DURANTE EL PLEISTOCENO

Las cuencas de sedimentación son zonas deprimidas de la corteza terrestre de origen, en su mayoría, tectónico, que a lo largo de miles a millones de años se rellenan con sedimentos. Zaragoza se encuentra en la Cuenca del Ebro, que durante el Mioceno, periodo que comienza hace unos 23 millones de años, no tenía comunicación con el mar, es decir, era endorreica. Durante muchos millones de años se depositaron en ella diversos tipos de sedimentos, detríticos cerca de los márgenes (que dieron lugar a conglomerados y areniscas) y de precipitación química en el centro, incluidas abundantes evaporitas (dominantemente yeso, pero también otras sales como la halita que se explota en las minas de Remolinos, o glauberita). Ello es resultado de la configuración paleogeográfica en aquel momento, con sistemas aluviales procedentes del Pirineo y de la Cordillera Ibérica, que ya estaban configurados como los márgenes de la cuenca tal como los conocemos actualmente, y sistemas lacustres con aguas químicamente muy concentradas en la zona central. Desde entonces estos materiales no se han visto afectados por deformaciones tectónicas importantes, por lo que se encuentran subhorizontales o con buzamientos muy suaves. En la segunda mitad del Mioceno se produce la apertura de la Cuenca del Ebro hacia el mar Mediterráneo y se desarrolla un régimen exorreico. Se instala y encaja progresivamente la red fluvial asociada al río Ebro, que evacúa agua y sedimentos hacia el Mediterráneo, provocando una erosión remontante y el vaciado parcial de la cuenca. A partir de ese momento la alternancia de distintas etapas de erosión/depósito, muy vinculadas a cambios en el clima pero también a otros factores geológicos, dan lugar a la arquitectura estratigráfica que actualmente encontramos en los depósitos del entorno de Zaragoza.

Los estudios sedimentológicos, llevados a cabo por investigadores del grupo Geotransfer durante los últimos años en frentes de cantera en esta zona, han puesto de manifiesto que durante el Pleistoceno, al menos desde 750.000 años atrás, el paisaje era muy diferente al desarrollado en el Mioceno (Luzón et al., 2012), pero también al actual. El resultado del paso a condiciones exorreicas arriba mencionado supuso un importante cambio geográfico, desapareciendo de la zona central de la Cuenca del Ebro los grandes lagos que se habían desarrollado durante etapas anteriores. Por otro lado, tras el periodo Plioceno (entre aproximadamente 5 y 2.5 m.a.), de características más cálidas, el Pleistoceno supuso un cambio a condiciones frías, con desarrollo de glaciares en el hemisferio norte a muy bajas latitudes. En este contexto, sobre el sustrato evaporítico mioceno, se construyeron amplias llanuras aluviales donde se depositaron materiales detríticos bajo la acción del agua y el viento.

En la actualidad, el río Ebro responde al modelo fluvial meandriforme, con un único curso de elevada sinuosidad, desarrollo de barras de meandro y una importante llanura de inundación arcillosa con meandros abandonados (galachos). En cambio, los depósitos más antiguos evidencian que durante el Pleistoceno el sistema fluvial fue distinto, existiendo múltiples canales muy someros individualizados por barras de gravas longitudinales de hasta varios metros de altura, es decir respondía a un modelo fluvial tipo entrelazado o *braided*.

“Las cuencas de sedimentación son zonas deprimidas de la corteza terrestre de origen, en su mayoría, tectónico, que a lo largo de miles a millones de años se rellenan con sedimentos.”

**Ambientes sedimentarios en el entorno de Zaragoza durante el periodo Pleistoceno. El equivalente al río Ebro (fluyendo de NW a SE) tendría múltiples canales con elevada cantidad de agua. A su llanura aluvial llegarían de forma esporádica aportes de abanicos aluviales procedentes de los relieves próximos (La Muela y La Plana de Zaragoza). Dunas eólicas y pequeños lagos propios de áreas de interdunas o relacionados con dolinas, completarían el paisaje de ese momento.**

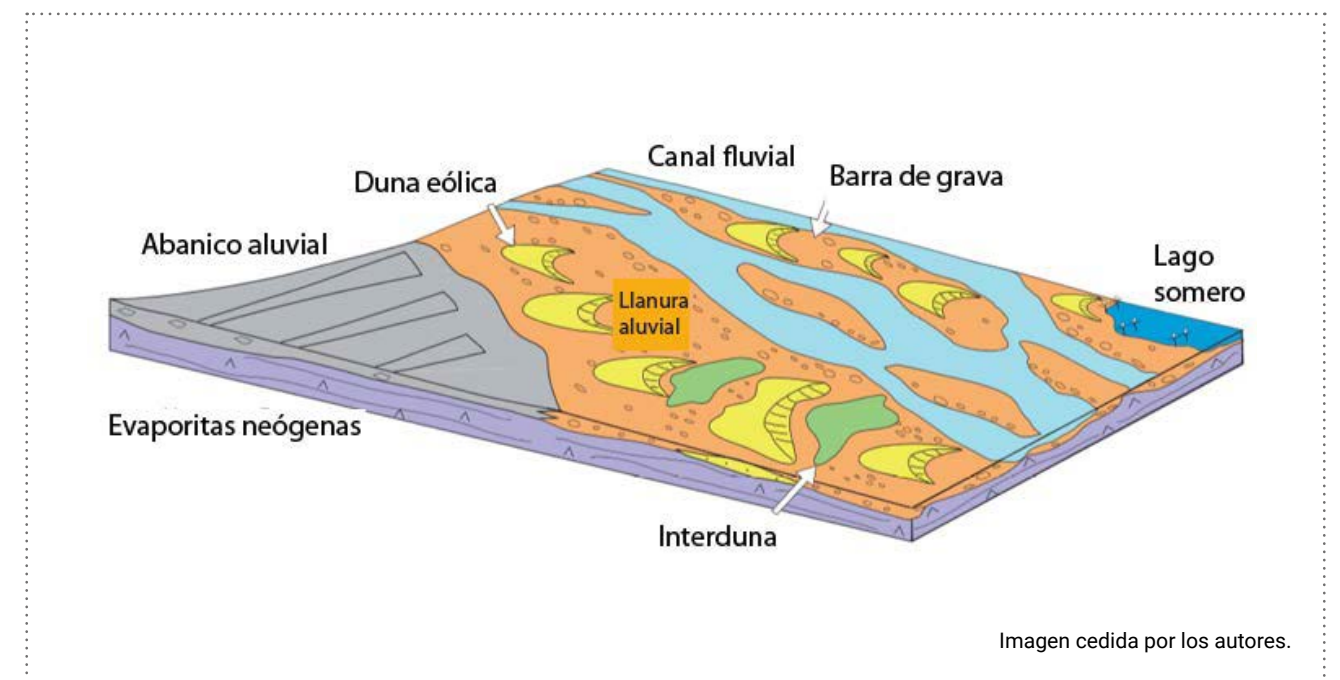


Imagen cedida por los autores.

“Para que una duna presente estratificación cruzada la vertiente de barlovento debe tener de 10-15° de inclinación y la de sotavento unos 33°.”



Ello se relaciona con una situación de elevada disponibilidad de agua, procedente del deshielo de los glaciares que existieron en las montañas circundantes, especialmente en el Pirineo.

En episodios de avenida, los cursos acuosos transportan importantes cantidades de material detrítico grueso desde las montañas circundantes. En momentos de estiaje y menor energía, gravas y arenas se acumulan generando barras predominantemente longitudinales y rellenos de canales, depósitos típicos de cauces activos. Cuando estos canales se colmatan de sedimentos, se produce el desplazamiento de la corriente activa a un lugar próximo, deprimido, donde continúa el proceso de transporte y sedimentación. La continuidad de esta dinámica a lo largo de decenas, centenas de miles de años, dio lugar en el entorno de Zaragoza a la formación de una amplia llanura aluvial. En algunas zonas se reconocen depósitos de gravas y arenas de cantos de grandes dimensiones y muy mal clasificados que señalan que, además de los cursos fluviales precursores del actual río Ebro y sus afluentes, existieron sistemas aluviales perpendiculares a los cursos principales. Estos se caracterizan por cursos acuosos muy esporádicos que transportaban materiales desde relieves como La Plana o La Muela, sufriendo un escaso transporte (ver imagen de la página anterior).

Las características de los sedimentos más finos (dominantemente arenas) que forman cuerpos de tamaño de grano muy homogéneo, de hasta varios metros de

espesor, intercalados entre las gravas fluviales y aluviales en esta zona, reflejan que en algunos momentos importantes extensiones de la llanura aluvial estuvieron cubiertas por campos de dunas de arena de hasta más de 10 metros de altura. Se desarrollaron de forma recurrente en relación con las fases áridas y frías. Bajo estas condiciones, el viento, además del agua, juega un papel importante en los procesos de erosión, transporte y sedimentación. Las zonas de la llanura aluvial, expuestas en momentos de menor disponibilidad de agua, contenían grandes cantidades de arena y la acción del

**Corte de gravera realizado en Arcosur (Sur de Zaragoza). Se observan gravas con estratificación cruzada en surco y evolución granodecreciente propias del relleno de los canales fluviales entrelazados que existían durante el Pleistoceno.**



Imagen por Aránzazu Luzón

**Registro de dunas de arena entre gravas fluviales de edad Pleistoceno. Canteras próximas a las localidades de Rodén y Figueruelas.**



Imagen por Aránzazu Luzón.

viento favoreció su movimiento y depósito posterior en zonas próximas, instalándose sobre esta llanura campos de dunas eólicas barjanoides. Las condiciones de viento, similares o incluso con rachas más fuertes que en la actualidad, construyeron estas grandes formas arenosas que migraban hacia el Este, coincidiendo prácticamente con la dirección del Cierzo actual. Los estudios geomorfológicos y sedimentológicos realizados han permitido establecer que los campos de dunas se situaban en una región comprendida, al menos, entre Pedrola, al noroeste, y Fuentes de Ebro, al sureste.

**“El viento, además del agua, juega un papel importante en los procesos de erosión, transporte y sedimentación.”**





Imagen por Asunción Soriano



Imagen por Asunción Soriano



Imagen por Asunción Soriano



Imagen por Antonio Pérez



Imagen por Aranzazu Luzón



**A: Detalle de la estructura interna de una duna donde se observan las láminas de estratificación cruzada y superficies de reactivación. Cantera próxima a la localidad de Figueruelas.**

**B: Arenas eólicas organizadas en varias unidades de estratificación cruzada separadas por superficies de erosión o reactivación. Cantera próxima a la localidad de Figueruelas.**

**C: Unidades de estratificación cruzada de espesor métrico separadas por superficies de reactivación. El espesor de las unidades da idea de las dimensiones que debieron tener las dunas desarrolladas en el sector central de la Cuenca del Ebro. Cantera próxima a la localidad de Figueruelas.**

**D: Depósitos eólicos de geometría tabular (sand-sheet). Internamente presentan laminación paralela o estratificación cruzada de bajo ángulo de inclinación de las láminas. La parte superior muestra decoloraciones que sugieren la colonización de esta forma por vegetación. Foto tomada en Arcosur.**

**E: Depósitos de flujos de masas. Cuando los canales fluviales desbordan y alcanzan los campos de dunas, las arenas son erosionadas y se mezclan los sedimentos dando lugar a depósitos heterométricos canalizados que aparecen conservados entre las arenas eólicas. En este caso el depósito tiene forma de canal y erosiona una unidad de estratificación cruzada correspondiente a una duna eólica.**

Las dunas pueden conservar su forma externa, con las vertientes de barlovento y sotavento, así como su estratificación cruzada interna característica, si bien lo más habitual es que su parte superior se encuentre erosionada. También se conservan pequeñas ondulaciones o crenulaciones (ripples y su laminación interna asociada) que migrarían sobre las dunas o al pie de estas. Más raros son los depósitos de geometría tabular (sand sheets). Localmente, se formaron en las zonas entre las dunas (interdunas) pequeñas lagunas de dimensiones muy modestas, a veces con acumulación de agua durante largos periodos. Sistemas fluviales, aluviales y eólicos interaccionaron a lo largo de varios cientos de miles de años en la zona central de la Cuenca del Ebro y sus depósitos han quedado registrados, posibilitando su estudio y extraer hoy en día estas conclusiones.

A pesar de que el Pleistoceno fue un periodo frío, alternaron periodos glaciares e interglaciares (más cálidos), controlando la dinámica de estos sistemas a través de modificaciones en la descarga de agua y de sedimentos. Cuando los ríos se encuentran en fase de avenida, en momentos de mayor disponibilidad de agua, el cauce principal a menudo se desborda y el agua cubre la llanura de inundación. En esta situación, los campos de dunas serían alcanzados por las corrientes acuosas, destruyéndose estas formas arenosas no consolidadas y generándose flujos de agua muy cargados en sedimentos. Cuando disminuyó su energía, el rápido depósito de una mezcla de arena con cantos de grava formó cuerpos granulométricamente heterogéneos. En una fase posterior, estos depósitos quedaron emergidos y se vieron sometidos de nuevo a la acción del viento, los granos de arena fueron transportados, quedando solo los materiales que este no puede arrastrar, los cantos, formando niveles de poco espesor. Finalmente,

**“Las dunas pueden conservar su forma externa, con las vertientes de barlovento y sotavento, si bien lo más habitual es que su parte superior se encuentre erosionada.”**





Imagen por Aránzazu Luzón

▲  
**Alternancia de arenas eólicas con estratificación cruzada y depósitos de arcillas y limos laminados de color ocre y rojizo característicos de las áreas de interdunas. Cantera próxima a la localidad de Figueruelas.**

las interdunas, zonas deprimidas entre las dunas, pudieron ser secas o húmedas. En estas últimas el agua puede acumularse unos pocos días, si la evaporación es intensa, o mantenerse durante largos periodos de tiempo a modo de pequeñas lagunas en las que se depositan los materiales más finos por decantación.

**LA DISOLUCIÓN DE LOS YESOS CONSERVÓ LAS DUNAS**

Las diferentes etapas de sedimentación y erosión afectaron a los ríos provocando el abandono de los cauces y las llanuras de inundación. Desde que se inicia la conexión con el mar Mediterráneo la incisión del río Ebro produce el abandono de la antigua llanura aluvial que queda a una cota superior a la del nuevo cauce. Este proceso da lugar a sucesivos niveles escalonados de terrazas fluviales que recubren a los yesos miocenos en extensas áreas en las proximidades de Zaragoza. En el sector central del valle del Ebro, Gil (2017) identifica diez niveles de terrazas cuyas alturas oscilan entre 3 y 220 m sobre el nivel actual del río, encontrándose los más antiguos (los situados a mayor cota) muy erosionados.

“El sector central de la Cuenca del Ebro es un área propicia para el desarrollo de procesos kársticos como consecuencia de la importante disolución que se produce en los yesos.”

Tal como ha sido puesto de manifiesto por Soriano y Simón (1995; 2002) y Gutiérrez et al. (2011), entre otros trabajos, el sector central de la Cuenca del Ebro, y en particular la ciudad de Zaragoza y su entorno, es un área propicia para el desarrollo de procesos kársticos como consecuencia de la importante disolución que se produce en los yesos. Las gravas y arenas fluviales y eólicas que integran los niveles de terrazas del río Ebro permiten el paso del agua hacia los materiales solubles (yesos y sales) infrayacentes lo que causa el desarrollo de galerías y cavidades cuya propagación hacia la superficie da lugar a la generación de numerosas dolinas que en la actualidad constituyen un riesgo geológico importante que provoca considerables pérdidas económicas.

En el pasado, a lo largo del Pleistoceno, también se produjeron procesos de karstificación. Son numerosos los ejemplos de paleodolinas que se observan en los taludes de canteras y obras lineales de este sector del valle del Ebro donde los materiales tienen numerosas deformaciones y basculamientos (Gil et al., 2013; Simón et al., 2014; Soriano et al., 2012; 2019).

Además, la subsidencia kárstica contemporánea a la sedimentación (sinsedimentaria), producida por la disolución de los yesos y otras sales ha favorecido una gran acumulación de materiales fluviales y eólicos generando series sedimentarias de varias decenas de metros de espesor (Benito et al., 1998; Luzón et al. 2008; Gil et

“Las diferentes etapas de sedimentación y erosión afectaron a los ríos provocando el abandono de los cauces y las llanuras de inundación.”

**Durante el Cuaternario, la disolución de los yesos y sales del sustrato de la Cuenca del Ebro generó dolinas que no son activas hoy día (paleodolinas). En los casos mostrados en estas fotos no se ve el contacto con ese sustrato, pero es evidente la intensa deformación de los materiales, con basculamientos, engrosamientos, pliegues y fallas afectando a las capas, todo ello como consecuencia de la karstificación. En el ejemplo de la foto inferior derecha, el colapso favoreció la generación de una pequeña charca donde se acumularon depósitos de grano muy fino (limos y arcillas) que se han conservado gracias a ese hundimiento. Ambos ejemplos se localizan próximos a Zuera.**



Imagen por Antonio Pérez y M<sup>a</sup> Asunción Soriano.



al., 2013) en un solo nivel de terraza, que en otras condiciones, sin subsidencia debida al karst, no superarían la decena de metros de espesor. La actuación sin-sedimentaria de estas dolinas queda evidenciada por el desarrollo de ciertas estructuras de deformación como las discordancias progresivas que se desarrollan en sus márgenes (Luzón et al., 2008, 2012; Simón et al., 2014).

A pesar de que, como se ha expuesto con anterioridad, los depósitos eólicos son fácilmente erosionables por agentes geológicos como el viento y el agua,

sus posibilidades de preservación aumentan cuando los materiales acumulados quedan de manera rápida por debajo del nivel de erosión (Kocurek y Havholm, 2006). Esto ocurre, por ejemplo, en zonas de elevada subsidencia, donde el espacio potencial para la acumulación aumenta progresivamente y los materiales quedan localizados de forma rápida bajo el límite de erosión. Un escenario típico sería el de zonas de tectónica extensional activa donde las fallas generan depocentros (zonas de acumulación preferencial de materiales) subsidentes. En cambio, la particularidad del

“La actuación sinsedimentaria de estas dolinas queda evidenciada por el desarrollo de ciertas estructuras de deformación progresivas que se desarrollan en sus márgenes.”

#### BIBLIOGRAFÍA

- Bagnold R.A. (1941). The physics of blown sand and desert dunes. London. Methuen.
- Benito, G; Pérez-González A., Gutiérrez-Santolalla F. y Machado M.J. (1998). River response to Quaternary subsidence due to evaporite solution (Gállego River, Ebro Basin, Spain) *Geomorphology*, 22: 243-263.
- Bridges N.T. y Ehlmann B.L. (2017). The Mars Science Laboratory (MSL) Bagnold Dunes campaign, Phase I: Overview and introduction to the special issue, *J. Geophys. Res. Planets*, 122.
- Bristow C., and Mountney N.P. (2013). Aeolian Stratigraphy. In: John F. Shroder (ed.) *Treatise on Geomorphology*, Volume 11, pp. 246-268. San Diego: Academic Press.
- Gil H. (2017). *Los depósitos cuaternarios en el sector central de la Cuenca del Ebro: Arquitectura estratigráfica, paleokarst, su interacción con la sedimentación y cronología*. Tesis doctoral 354 p. Universidad de Zaragoza.
- Gil H., Luzón M. A., Soriano M. A., Casado I., Pérez A., Pueyo E. y Pocióvi A. (2013). Stratigraphic architecture of interfering alluvial-aeolian systems developed on active karst terrains: an Early Pleistocene example in the Ebro basin (NE Spain). *Sedimentary Geology*, 296: 122-141.
- Gutiérrez F., Galve J.P., Lucha P., Castañeda C., Bonachea J., Guerrero J. (2011). Integrating geomorphological mapping, trenching, InSAR and GPR for the identification and characterization of sinkholes in the matled evaporite karst of the Ebro Valley (NE Spain). *Geomorphology*, 134: 144-156.
- Kocurek G. (1996). Desert Aeolian systems. En H.G. Reading (Ed.), *Sedimentary Environment: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Science, Oxford (1996): 125-153.
- Lancaster N. (2009). Dune morphology and dynamics. En A.J. Parsons y A.D. Abrahams (Eds.) *Geomorphology of desert environments* (2ª edición) Springer: 557-595.
- Lancaster N., Mountney N.P. (2020). Earth Surface Processes and Sediments: Eolian Processes and Sediments, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier.
- Lapôtre M. A., y Rampe E. B. (2018). Curiosity's investigation of the Bagnold Dunes, Gale crater: Overview of the two-phase scientific campaign and introduction to the special collection. *Geophysical*



**Paleodolina de grandes dimensiones en las cercanías de Fuentes de Ebro. Se observa cómo las gravas fluviales están deformadas y fracturadas y en el interior de la dolina hay depósitos de arenas eólicas. Pese a lo fácil que resulta el transporte de las arenas, éstas no fueron erosionadas gracias a la existencia de esta oquedad debida a karstificación, que las mantuvo por debajo del nivel de erosión facilitando su observación en la actualidad.**





entorno de Zaragoza radica en que la subsidencia no es de origen tectónico, sino de origen kárstico, siendo en general los depocentros más reducidos. El desarrollo de dolinas y campos de dolinas no solo dio lugar a que estos materiales quedaran preservados, sino que favoreció su acumulación ya que, al llegar a estas zonas deprimidas, el viento sufría una expansión y deceleración de manera que, debido a la pérdida de capacidad de transporte, depositaría los materiales arenosos.

La figura de la derecha muestra cuatro bloques diagrama que ilustran de manera simplificada distintos episodios en relación con el desarrollo de dolinas y el depósito de los materiales que integran alguna de las terrazas del Ebro y cómo la disolución del sustrato favoreció la mayor preservación de materiales localmente. En el ejemplo, tras una etapa de predominio de sedimentación fluvial, con barras y canales en un sistema fluvial entrelazado, una etapa de menor disponibilidad de agua favoreció la génesis de dunas eólicas. La subsidencia continuada, ligada a la karstificación del sustrato que originó dolinas en superficie, dispuso localmente bajo el límite de erosión materiales previamente depositados que en el caso de ser eólicos son más erosionables. Esta subsidencia fue contemporánea al depósito, dando lugar al "engrosamiento" de los depósitos en las zonas de dolinas. El posterior cese de la subsidencia ralentizó el proceso hasta que este cesó, continuando la sedimentación de los materiales que ahora no mostrarían evidencias de deformación sinsedimentaria, y las dolinas fueron fosilizadas.

### IMPLICACIONES PALEOAMBIENTALES

El Pleistoceno fue un periodo de descenso en las temperaturas a nivel global, a pesar de ello alternaron etapas más cálidas y más frías. En las zonas montañosas que rodean la Cuenca del Ebro, especialmente en Pirineos, las bajas temperaturas favorecieron el desarrollo de glaciares que en momentos de fusión, al menos parcial, aportarían importantes cantidades de agua y sedimentos hacia la cuenca. En estas condiciones se desarrollaron sistemas fluviales de tipo braided y en los periodos más secos, dunas eólicas en las llanuras de inundación que serían destruidas, al menos parcialmente, en posteriores avenidas. Las peculiaridades del entorno de Zaragoza, con yesos miocenos en el sustrato, da lugar a una importante karstificación contemporánea al depósito y el desarrollo de dolinas favoreciendo la conservación de materiales que, en otras circunstancias, se habrían erosionado impidiendo extraer las conclusiones de tipo paleoambiental presentadas en este trabajo.

M<sup>a</sup> Aránzazu Luzón, Antonio Pérez y M<sup>a</sup> Asunción Soriano  
Dpto. de Ciencias de la Tierra  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza

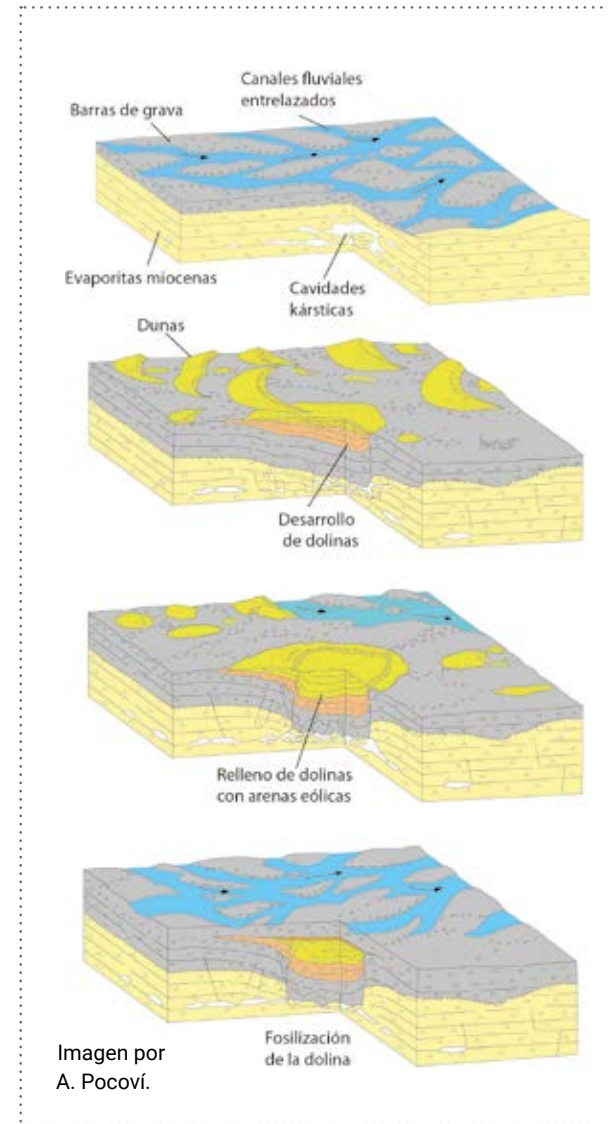


Imagen por A. Pocoví.

**Durante los periodos de gran disponibilidad de agua, el curso fluvial del antiguo río Ebro se caracterizó por cursos entrelazados entre los que se disponían gran cantidad de barras constituidas, principalmente, por gravas. En periodos de menor disponibilidad de agua, la acción del viento cobraba mayor importancia y se desarrollaban dunas. Como resultado de la disolución del sustrato se generaron dolinas (actualmente paleodolinas) y en las zonas karstificadas se acumularon y conservaron tanto depósitos fluviales como eólicos o lacustres. Posteriormente, todos ellos quedaron cubiertos por nuevos depósitos fluviales (esta vez sin deformar al haber cesado la disolución del sustrato).**

Research Letters, 45.


- Lapôtre M. G. A., Ewing R. C., and Lamb M. P. (2021). An Evolving Understanding of Enigmatic Large Ripples on Mars. *J. Geophys. Res. Planets* 126 (2).
- Luzón A., Pérez A., Soriano M.A., Pocoví, A. (2008). Sedimentary record of Pleistocene paleodoline evolution in the Ebro basin (NE Spain). *Sedimentary Geology* 205, 1-13.
- Luzón M.A.; Rodríguez-López J.P.; Pérez, A.; Soriano M.A.; Gil, H.; Pocoví A. (2012). Karst subsidence as a control on the accumulation and preservation of aeolian deposits: A Pleistocene example from a proglacial outwash setting, Ebro Basin, Spain. *Sedimentology*, 59: 2199-2225.
- Maiola R.J. and Spencer A.B. (1979). Differentiation of eolian deposits by discriminant analysis. En McKee, E. D. (ed), *A study of Global Sand Seas*. U. S. Geol. Survey Prof. Paper 1052: 53-58.
- Mountney N.P. (2006). Periodic accumulation and destruction of Aeolian erg sequences in the Permian Cedar Mesa Sandstone, White Canyon, Southern Utah, USA. *Sedimentology*, 53: 789-823.
- Pye K. y Tsar H. (2009) *Aeolian sand and sand dunes*. 458p. Springer-Verlag, Berlín Heidelberg.
- Simón J. L., Soriano M. A., Pérez A., Luzón A., Pocoví A. y H. Gil. (2014). Interacting tectonic faulting, karst subsidence, diapirism and continental sedimentation in Pleistocene deposits of the central Ebro Basin (Spain). *Geological Magazine*, 151 : 1115-1134.
- Soriano M. A., Luzón A., Pérez A., Yuste A., Pocoví A., Simón J. L. y Gil H. (2012). Quaternary alluvial sinkholes: record of environmental conditions of karst development. Examples from the Ebro basin, Spain. *Journal of Cave and Karst Studies*, 72: 173-185.
- Soriano M.A. y Simón J.L. (1995). Alluvial dolines in the central Ebro Basin, Spain: a spatial and developmental hazard analysis. *Geomorphology*, 11: 295-309.
- Soriano M.A. y Simón J.L. (2002). Subsidence rates and urban damages in alluvial dolines of the Central Ebro basin (NE Spain). *Environmental Geology*, 42: 476-484.
- Soriano M.A., Pocoví A., Gil H., Pérez A., Luzón A. y Marazuela M.A. (2019). Some evolutionary patterns of palaeokarst developed in Pleistocene deposits (Ebro Basin, NE Spain): Improving geohazard awareness in present-day karst. *Geological Journal*, 54: 333-350.



El Ebro a su paso por Zaragoza.

David Abad (Wikipedia).



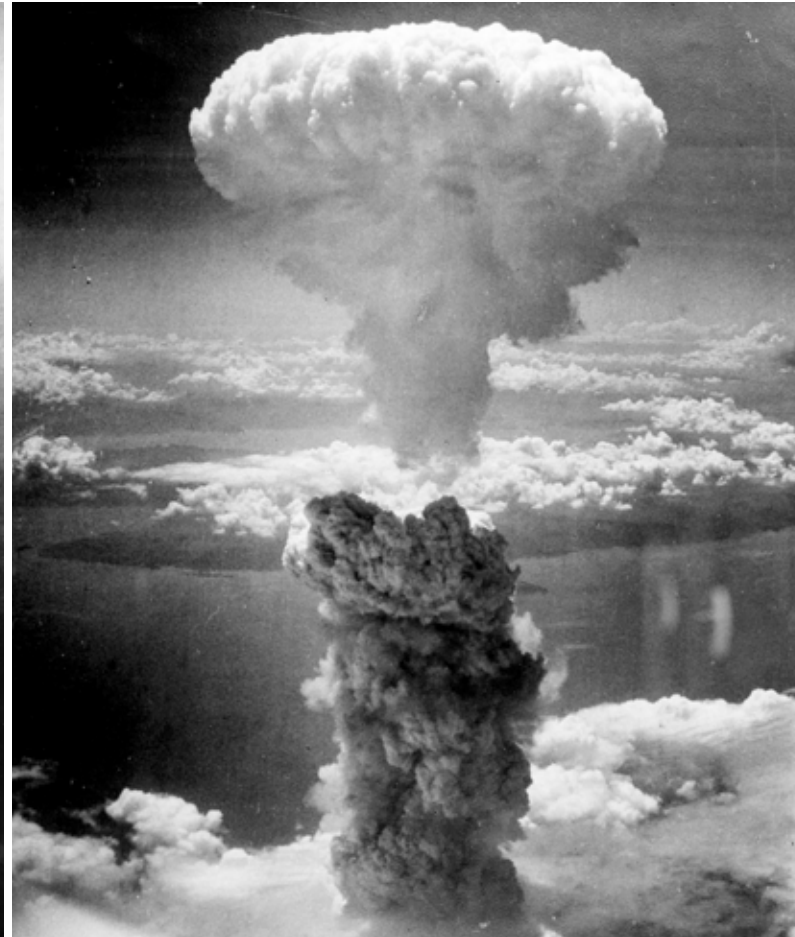
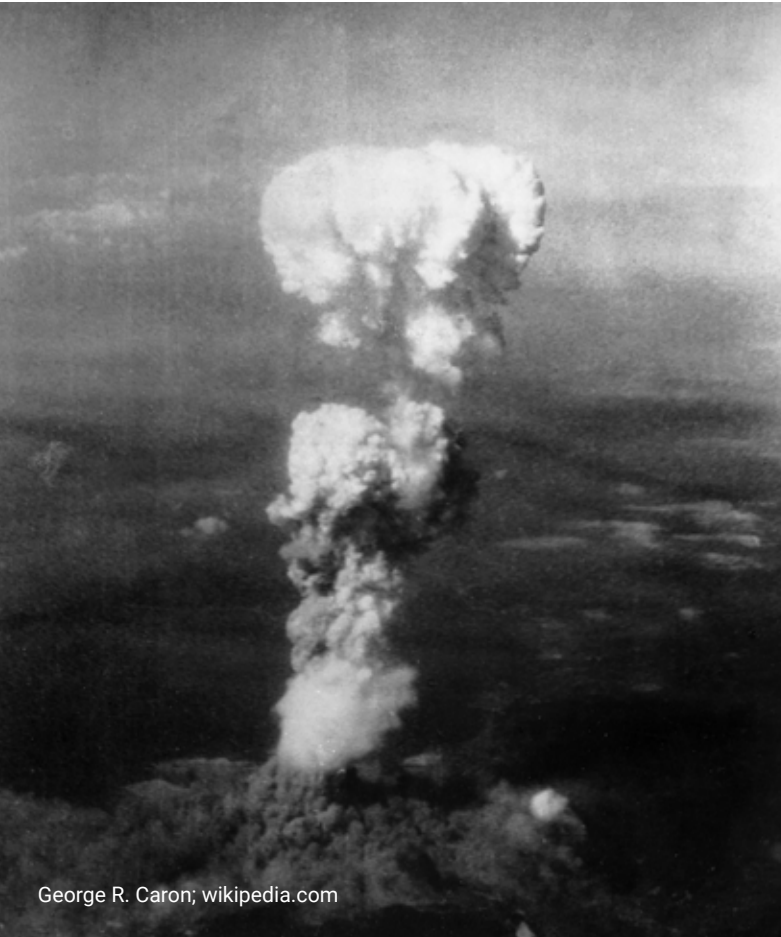
A photograph of a nuclear power plant featuring several large, white, hyperboloid cooling towers with red and white striped bands. The towers are set against a blue sky with scattered white clouds. In the foreground, there is a green field, and in the background, a power transmission substation with several high-voltage pylons and power lines is visible.

# De lo invisible a lo previsible. El camino a la fisión nuclear

“La ciencia no es el resultado de un genio aislado. Es el resultado del trabajo de muchos hombres curiosos y tenaces que han dedicado su vida a preguntarse el porqué de las cosas y a buscar la respuesta.”

José Manuel Vicente





George R. Caron; wikipedia.com

**E**l seis de agosto de 1945 explotaba, en guerra, la primera bomba de fisión nuclear. En el año 2020 se cumplió el 75 aniversario. La pandemia de Covid-19 impidió que se celebraran, como estaba previsto, diversos actos, conferencias, etc. Este artículo se corresponde con la conferencia que, prevista en 2020, se celebró en octubre de 2021 en Encuentros con la Ciencia. Su objetivo es recorrer los principales hitos científicos que llevaron al descubrimiento de la fisión y a la construcción de las primeras bombas atómicas. Antes de iniciar nuestro camino, dos reflexiones:

La primera es que la ciencia no es el resultado de un genio aislado, como se ve en algunas películas. Es el resultado del trabajo de muchos hombres curiosos y tenaces que han dedicado su vida a preguntarse el porqué de las cosas y a buscar la respuesta. Actualmente, en todas las disciplinas, varias personas o equipos trabajan en la misma dirección y alguno llega antes que otro a la misma conclusión.



**Explosiones nucleares en Japón, Hiroshima y Nagasaki.**

“Los padres del conocimiento científico occidental son los griegos. ¿cómo veían ellos la composición de la materia?”

La segunda es que nuestro conocimiento del mundo no parte de cero, cada generación se basa en lo que han investigado otros con anterioridad. Como dice el programa de radio, caminamos “A hombros de gigantes”. En este artículo voy a citar numerosos investigadores pero hay otros muchos que se quedan en la sombra, sin cuya labor no habría sido posible alcanzar una respuesta. La fisión se basa en el mundo atómico. Veamos en primer lugar la evolución de lo que se llegó a conocer hasta 1945.

El artículo está dividido en tres partes: Antigüedad clásica, del siglo XIX a 1938, de 1938 a la bomba atómica.

#### ANTIGÜEDAD CLÁSICA

Los padres del conocimiento científico occidental son los griegos. ¿cómo veían ellos la composición de la materia? Había diferentes escuelas. Las corrientes mayoritarias creían que había cuatro elementos que componían la materia: el agua, el aire, el fuego y la tierra.

Otras escuelas filosóficas consideraban que solo uno de ellos era el fundamental. Para Tales de Mileto era el agua, para Anaxímenes de Mileto el aire, el fuego para Heráclito de Éfeso y la tierra para Jenofonte de Colofón.

Pero estas teorías resultaban insuficientes para explicar los procesos que observaban en la naturaleza y sobre todo para explicar la vida, por lo que Aristóteles introdujo un nuevo elemento *el quinto elemento* (éter) que era algo intangible que insuflaba vida en la materia.

Una de las teorías sobre la estructura de la materia se la debemos a Demócrito, nacido en el año 460 antes de Cristo. Su teoría es la atómica, basada en el átomo. Átomo en griego significa indivisible. Su idea es que la materia está hecha de unidades discretas que no se pueden dividir ni fragmentar. Así, la materia que vemos estaría compuesta por estos átomos como si fueran ladrillos. Esta teoría no fue exclusiva de Grecia, aparece en otros lugares como la India con la corriente jainista. En aquellos años no existían los medios necesarios para poder experimentar y “ver” el interior de la materia, por lo que esta teoría estaba basada en razonamientos filosóficos y no empíricos.

#### DEL SIGLO XIX A 1938

Durante este periodo de tiempo los investigadores fueron dando pasos hacia el conocimiento de la materia, del átomo. Los avances ya no eran exclusivamente teorías sacadas de una profunda reflexión, lo habitual era la experimentación, y analizando los resultados intentar explicar por qué sucedían. Con un mismo resultado a veces se publicaban distintas teorías, coexistían hasta que con más experimentos y reflexión se aceptaba la que mejor explicaba los sucesos.

Vamos a ir viendo las teorías más aceptadas en cada momento, y los científicos que las formularon.

#### Átomo macizo

No fue hasta el siglo XIX cuando los científicos refinaron la idea, ya que en la pujante química se produjeron descubrimientos que podían explicarse utilizando el concepto de átomo. Veamos algunos de los protagonistas.

John Dalton (1766-1844). Naturalista, químico, matemático y meteorólogo británico. Es el padre de la teoría del *átomo macizo*, dentro de su teoría atómica y de la ley de las proporciones múltiples. Para él, el átomo es



indestructible e indivisible. En un elemento todos los átomos son idénticos, pero diferentes de los de otro elemento. Los átomos se combinan para formar compuestos químicos y no se destruyen (cambian) en el proceso químico.

La idea del átomo la obtuvo del estudio de las propiedades de la atmósfera y de otros gases. Comprobó que siempre se mezclaban en una proporción constante generando un nuevo compuesto. Supuso que la combinación se realiza siempre en la forma más sencilla posible, por lo que la combinación química se lleva a cabo entre partículas de diferentes pesos. De estos estudios obtuvo algunos pesos atómicos, siendo el primero en publicar una tabla. En ella aparecen seis elementos: hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), carbono (C), azufre (S) y fósforo (P). Atribuye al átomo de hidrógeno el peso de una unidad. Es la primera vez que a la idea atómica de Demócrito se le da soporte experimental.

La experimentación le llevó a formular, y confirmar, la ley de las proporciones múltiples (1805). En su obra "Un nuevo sistema de filosofía química" (1808) los compuestos fueron enumerados como binarios, ternarios, cuaternarios, etc, en función del número de átomos que el compuesto tenía en su forma más simple.

**La tabla periódica**

Dimitri Mendeléyev (1834-1907). Químico ruso. Creó el sistema periódico. Este es la clasificación de todos los elementos químicos, naturales o artificiales. A medida que se profundizaba en el estudio de la química, el número de elementos conocidos fue creciendo y surgió la necesidad de ordenarlos.

Mendeléyev publicó su tabla periódica en 1891, aunque la había terminado en 1869. Unos meses después, Meyer<sup>1</sup> publicó una tabla muy parecida pero algo más imperfecta.

“A medida que se profundizaba en el estudio de la química, el número de elementos conocidos fue creciendo y surgió la necesidad de ordenarlos.”

**TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS**

udt.cl

**Mónico Sánchez mostrando su aparato de rayos X a un médico.**



wikipedia.com

Mendeléyev ordenó los elementos según su masa atómica, colocando en una misma columna los que tuvieran algo en común. Los ordenó según sus propiedades, incluso alteró el orden de masas cuando era necesario y se atrevió a dejar huecos, postulando la existencia de elementos desconocidos en ese momento.

**Los rayos X**

Wilhelm Conrad Röntgen (1845- 1923). Ingeniero mecánico y físico, alemán. El 8 de noviembre de 1895, trabajando con un tubo de rayos catódicos, observó una radiación electromagnética desconocida, rayos X (desconocidos). En los años siguientes, Röntgen publicó diferentes estudios sobre ellos, y se empezó a confirmar que determinados compuestos podían emitir energía.

En 1901 se le concedió el primer Premio Nobel de Física. Röntgen donó la recompensa monetaria a su universidad. Por razones éticas rechazó registrar cualquier patente relacionada con su descubrimiento, de la misma forma que el matrimonio Curie haría años más tarde. Tampoco quiso que los rayos llevaran su nombre, y se quedaron con el que él les dio, rayos X.

La posibilidad de ver el interior del ser humano hizo que rápidamente se extendiera su uso, especialmente en todos los campos de la medicina. Incluso en el arte, entre las clases más pudientes se puso de moda hacerse radiografías de la mano, enmarcarlas y exponerlas como si fuera un cuadro. Al año del primer informe de Roentgen se habían escrito 49 libros y más de 1.200 artículos en revistas científicas sobre su uso y sus cualidades.

**Mónico Sánchez**

No me resisto a citar a este español de Piedrabuena (Ciudad Real, 1880-1961). Su vida es un ejemplo de constancia y genio<sup>2</sup>. Inventor e ingeniero eléctrico español, pionero de la radiología, telecomunicaciones sin cables y electroterapia. Desarrolló un aparato portátil de rayos X y corrientes de alta frecuencia en 1909. En la Primera Guerra Mundial este equipo rivalizó con los diseñados por Marie Curie, siendo los suyos mucho más ligeros y transportables. El Ejército Español los compró como dotación de sus equipos sanitarios de campaña<sup>3</sup>.

De origen humilde, trabajando, y sin apenas saber leer y escribir, su sed de conocimientos le llevó a estudiar, en sus escasos ratos libres, física, ingeniería e inglés. Se trasladó primero a Madrid y posteriormente a los

**REFERENCIAS**

1. Julius Lothar Meyer (1830-1895), químico alemán, publicó su trabajo en 1870.
2. Se puede descargar, de forma gratuita, un archivo artístico de su invento que contiene una minibiografía, en la siguiente dirección: <http://www.muncyt.es/stfls/MUNCYT/Publicaciones/off%20on%20muncyt.pdf>
3. En el museo de la Academia General Militar se puede ver uno de ellos. Cuando le dieron el premio.





Estados Unidos, trabajó en diversas empresas. A su vuelta a España en su pueblo natal montó una fábrica para desarrollar sus inventos, y una central hidroeléctrica para proporcionar energía a su empresa y al pueblo. El gobierno de la segunda república le incautó todo y la posterior guerra civil terminó de destrozar su obra.

#### Radiactividad natural

Antoine Henri Becquerel (1852-1908). Físico francés. En 1896 descubrió una nueva propiedad de la materia, la radiactividad natural. Investigando sobre la fluorescencia, colocó sales de uranio sobre una placa fotográfica en una zona oscura y comprobó que dicha placa se ennegrecía. Las sales de uranio emitían una radiación capaz de atravesar el material opaco a la luz ordinaria. La energía que desprendían las sales de uranio no se relacionaba con la fluorescencia, sino que procedía del interior. Sus investigaciones y descubrimientos sirvieron de base a los primeros modelos atómicos.

En 1900 halló que la radiación beta ( $\beta$ ) está integrada por electrones. En 1901 que el radio se podía utilizar para destruir tumores, origen de la radioterapia. En 1903,

compartió con el matrimonio Curie el premio Nobel de Física. También realizó investigaciones sobre la fosforescencia, la espectroscopia y la absorción de la luz.

#### Pudín de pasas

Joseph John Thomson (1856-1940). Físico y matemático británico. Descubrió el electrón, los isótopos e inventor del espectrómetro de masa. En 1906 fue galardonado con el Premio Nobel de Física.

En su tercer experimento (1897), Thomson determinó la relación entre la carga y la masa de los rayos catódicos, al medir cuánto se desvían por un campo magnético y la cantidad de energía que llevan. Encontró que la relación carga/masa era más de un millar de veces superior a la del ion hidrógeno. Sus conclusiones fueron que los rayos catódicos estaban formados por "corpúsculos" que procedían de dentro de los átomos, de lo que dedujo que los átomos eran divisibles. Imaginó que el átomo se compone de estos corpúsculos en un mar lleno de cargas positivas, modelo de pudín de pasas. En base a este modelo, que no tenía explicación científica, se desarrollaron otras teorías en las que los átomos tenían partes diferenciadas.

Para el descubrimiento de los isótopos empleó rayos positivos para separar átomos de diferente masa, y encontró que el neón tiene dos isótopos ( $\text{Ne}^{20}$  y  $\text{Ne}^{22}$ ).

#### Isótopo

Los isótopos de un elemento tienen las mismas propiedades químicas, pero difieren algo en sus propiedades físicas. Esta pequeña diferencia deriva de su distinta masa atómica, tienen el mismo número de protones pero distinto de neutrones.

Representamos a los elementos con la abreviatura de su nombre, así el uranio es U. Y los caracterizamos con dos números: Z, el número atómico, la cantidad de protones; y A, número másico, la masa, suma de protones y neutrones. En el caso del uranio,  $Z=92$ .

Para designar a un isótopo concreto lo representamos con su símbolo y el número másico. El uranio tiene tres isótopos que se encuentran en la naturaleza con el siguiente porcentaje:  $\text{U}^{234}$  con 0,0054%,  $\text{U}^{235}$  con 0,7204% y  $\text{U}^{238}$  con 99,2742%. Este último es un elemento estable (no se desintegra).

#### Pierre y Marie Curie

Pierre Curie (1859-1906), físico francés. María Skłodowska, posteriormente Curie, (1867-1934), física y química, polaca nacionalizada francesa.

El descubrimiento de la radiactividad dio un paso de gigante con este matrimonio. Sin su dedicación y sacrificio, el descubrimiento de la estructura y funcionamiento del átomo hubiera sido más difícil.

Pierre, en 1880, descubrió la piezoelectricidad. Enunció en 1894 el principio universal de simetría, realizó avances en magnetismo y desarrolló una balanza de torsión adecuada a este campo. En 1895 se casó con Marie Curie. Para preparar el doctorado de ella comenzaron a trabajar en la naturaleza de las radiaciones de las sales de uranio. Se basaron en el hallazgo de los rayos X (Roentgen) y en los trabajos de Becquerel sobre el uranio. Fruto de su trabajo fue el hallazgo de dos nuevos elementos radiactivos, en 1898, el radio (de donde procede el nombre de radiactividad) y el polonio, en honor a su país de origen.

Marie Curie recibió dos premios Nobel. El premio Nobel de Física en 1903, junto a su marido y Henri Becquerel,

**“Pierre y Marie Curie. Sin su dedicación y sacrificio, el descubrimiento de la estructura y funcionamiento del átomo hubiera sido más difícil.”**





el importe del premio fue a medias entre Becquerel y el matrimonio. Fallecido Pierre en 1905, Marie continuó con sus trabajos y en 1911 recibió el Nobel de Química.

En lo personal fue una mujer honesta y moderada. Pasó penurias y, sin embargo, los premios en metálico los utilizó para ayudar a su familia, amigos, estudiantes y organizaciones científicas. Triunfó en Francia a pesar de ser de origen extranjero y mujer, en un momento en que todavía estaba mal vista su presencia pública.

### Radiactividad

Hemos citado la radiactividad, pero ¿qué es? Es la emisión espontánea, por parte de núcleos inestables, de partículas o de radiación electromagnética, o de ambas. La radiactividad puede ser: Natural, los isótopos radiactivos que se encuentran en la naturaleza, o artificial, isótopos radioactivos obtenidos por el hombre. Los isótopos estables no se descomponen y los isótopos radioactivos (o radioisótopos) se descomponen espontáneamente.

### Ernest Rutherford

Nació en Nueva Zelanda, entonces Gran Bretaña, y falleció en Cambridge (1871-1937), físico. Uno de los científicos más destacados. Estudió las partículas radiactivas y logró clasificarlas en alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) y gamma ( $\gamma$ ). Verificó que la radiactividad iba acom-

pañada por una desintegración de los elementos, por lo que recibió el Premio Nobel de Química<sup>4</sup> en 1908. Probó la existencia del núcleo atómico, que contiene la carga positiva y casi toda la masa. Consiguió la primera transmutación artificial con la colaboración de su discípulo Frederick Soddy.

Durante la primera parte de su vida se consagró por completo a la investigación, pasó la segunda mitad dedicado a la docencia y dirigiendo los Laboratorios Cavendish de Cambridge. Trabajó en las ondas hertzianas, en el efecto de los rayos X sobre un gas, en las radiaciones uránicas, deduciendo que el uranio emitía dos radiaciones distintas porque tenían distinto poder de penetración.

Con Soddy, en 1902, llega a la conclusión que el torio (Th) emite átomos radiactivos, esta emisión está acompañada de la desintegración de los elementos. Hasta ese momento se consideraba que la materia era indestructible.

**Experimento de Rutherford, partículas alfa, beta y gamma.**  
Elaboración propia.

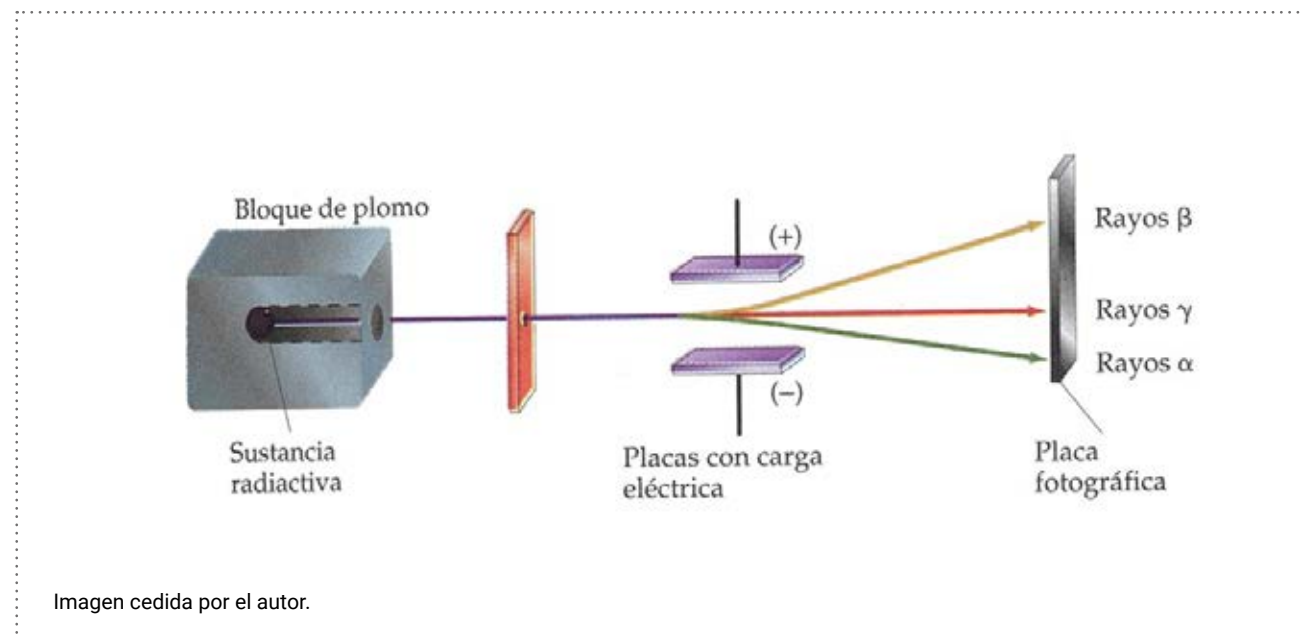


Imagen cedida por el autor.

En 1919 se hace cargo de la dirección del Laboratorio Cavendish, en él se descubre la existencia del neutrón y de los isótopos de hidrógeno y de helio (He). Bajo su dirección están James Chadwick (descubridor del neutrón), Niels Bohr (demuestra que el modelo de Rutherford es estable) y Robert Oppenheimer (uno de los padres de la bomba atómica). Otro estudiante destacado fue Henry Moseley (demostró que en los átomos el número de electrones y de protones es el mismo).

### Comprensión del átomo, mecánica cuántica

Niels Bohr (1885-1962). Físico danés. Contribuyó a la comprensión del átomo y la mecánica cuántica. Premio Nobel de Física en 1922 por sus trabajos sobre la estructura del átomo.

Tras doctorarse en Física fue discípulo de Rutherford, con el que mantuvo una gran relación científica. Con él, en 1913, introdujo la teoría de las órbitas cuantificadas (el número de electrones es creciente en cada órbita hacia el exterior). En 1933 desarrolla la hipótesis de la gota líquida, que permite explicar las desintegraciones nucleares y la gran capacidad de fisión del  $U^{235}$ .

En 1943, Segunda Guerra Mundial, huye a Suecia y después a Londres escapando de la policía alemana. Con el temor de que la bomba alemana era inminente, se une al proyecto Manhattan. Después de Hiroshima fue defensor de los usos pacíficos de la energía nuclear.

“Niels Bohr, tras doctorarse en Física, fue discípulo de Rutherford, con el que mantuvo una gran relación científica. Con él, en 1913, introdujo la teoría de las órbitas cuantificadas.”

En 1932, Cockcroft y Walton descubren la transmutación nuclear, Anderson el positrón y Urey el hidrógeno pesado (deuterio).

En 1934, Joliot y Curie descubren la radiactividad artificial. En 1935, Fermi introduce la idea de moderador como desacelerador de neutrones, además indujo radiactividad en 22 elementos diferentes mediante el bombardeo con neutrones.

### DE 1938 A LA BOMBA ATÓMICA

En aquellos momentos ya se tenían herramientas experimentales y matemáticas para conocer lo que sucedía en el mundo atómico. Pero nadie se esperaba que los descubrimientos terminarían en el empleo del átomo para la construcción de una bomba.

### La fisión

En el descubrimiento de la fisión tenemos varios protagonistas que se relacionan como en un drama clásico. Lise Meitner (1878-1968), física austriaca. Otto Hahn (1879-1968), químico alemán, Premio Nobel de Química en 1938. Fritz Strassmann (1902-1980), químico alemán. Otto R Frisch (1904-1979), físico, austriaco nacionalizado británico.

Los inicios: En 1907 Lise Meitner llega a Berlín y, por medio de Max Planck, entra a trabajar con Otto Hahn.

4. Nobel de Química. Se enfadó mucho, era físico. Se le atribuye la frase “toda la ciencia o es física o es filatelia”.



INSTITUT INTERNATIONAL DE PHYSIQUE SOLVAY  
SEPTIÈME CONSEIL DE PHYSIQUE -- BRUXELLES. 22-29 OCTOBRE 1933



Photo Benjamin Couperie

H. A. EHRMANN	N. P. PUTY	G. GARDIN	P. BLACKETT	M. CURIE	Aug. PICARD	Dr. Anne Lavin, Brussels
E. HERBERT	F. JOLIOT	M. HEISENBERG	E. STAHEL	P. A. M. DIRAC	J. ERERA	E. S. ELLIS
E. FERMI	F. PERRIN	E. FERMI	E. T. A. WALTON	P. DEBYE	B. CARRERA	M. ROTHE
E. SCHROEDINGER	M. J. JOLIOT	M. BORN	A. JOFFE	M. CURIE	G. M. RICHARDSON	Lord RUTHERFORD
				P. LAUREN	Th. DE DONDER	L. DE BROGLIE

Arrang. : A. KRISTEN et Ch. Exp. BUTE

archives.gov

Juntos se dedicaron durante tres décadas a desvelar los secretos del mundo atómico. Juntos descubrieron el protactinio en 1918.

El nudo: Entre 1935 y 1938, Hahn, Strassmann y Meitner identificaron, al menos, 10 productos radiactivos resultantes del bombardeo del uranio. Pero con la llegada de Hitler al poder en Alemania se prohibió a los judíos trabajar en la universidad y en la investigación. Meitner se salvó por ser austriaca. Pero en 1938 Alemania anexionó Austria y Lise tuvo que escapar, en un peligroso viaje, a Dinamarca y después a Suecia.

En esos momentos estaban bombardeando uranio con neutrones y los resultados eran extraños. Otto y Lise mantuvieron correspondencia y siguieron juntos en el experimento. Hahn y Strassmann reproducen el experimento y descubren que hay un elemento que se

comporta como radio, pero que es bario (Ba). Piensan que se han equivocado, y en sucesivos experimentos obtienen el mismo resultado. Hahn le envía sus notas a Meitner, que está en Suecia, para que le dé su parecer. Al mismo tiempo, Hahn envió a publicar los resultados el 22 de diciembre del 1938, sin mencionar a Meitner<sup>5</sup> e indicando que en la reacción aparece bario, pero sin explicar porqué.

En las navidades de 1938, Meitner con su sobrino, Otto R Frisch, analizan las notas del experimento y deducen (matemáticamente) que los núcleos de uranio se han partido en dos, con una gran liberación de energía<sup>6</sup>. Acuñan el término fisión para describirlo. Publican un artículo en Nature, donde explican los resultados del experimento y la posibilidad de la reacción en cadena o reacción autosostenida. La carrera por la bomba atómica está preparada.

“En las navidades de 1938, Meitner con su sobrino, Otto R Frisch, analizan las notas del experimento y deducen (matemáticamente) que los núcleos de uranio se han partido en dos, con una gran liberación de energía.”

◀  
**Fotografía de Solvay. Solo tres mujeres participaron en el Congreso Solvay (Bruselas, 1933): Meitner, Marie Curie y su hija Irène Joliot-Curie. De Benjamin Couprie.**

El drama: Otto Hahn recibe el premio Nobel, y no cita el papel de Lise Meitner afirmando que solo ha sido su ayudante. La relación quedó rota para siempre.

**¿Qué es la reacción en cadena?**

Consiste en que una vez provocada la primera fisión esta se mantenga en el tiempo hasta consumir el uranio fisionable. Para que se produzca es necesario:

- Que el número de neutrones que se produce en la fisión sea superior a dos. En los experimentos de 1939, publicados en Nature y en la Physical Review, explican que la producción de neutrones oscilaba entre más de 2 y 3,5. Hay que tener en cuenta que algunos neutrones escapan del sistema y otros no provocan una nueva fisión.
- La existencia de un elemento moderador para que

5. “Lise Meitner y la energía del uranio”. Javier Castelo Torras.
6. La fisión de un gramo de uranio equivale a 24.000 kWh. “La bomba atómica”. Natividad Carpintero. Página 18.

- los neutrones sean lentos (imprescindible para que se produzca la fisión).
- Una masa crítica de uranio para que se mantenga la reacción. Si la masa es subcrítica la reacción se agota. A su vez la masa crítica depende de:
    - a) La disposición geométrica del uranio, tanto en distancia (para que no se pierdan neutrones) como en forma. Para un reactor (central nuclear) su distribución es en forma de red. Para una bomba (explosión nuclear) su forma es una esfera.
    - b) De la pureza del uranio. A mayor pureza mejor rendimiento. Para alcanzarla lo que se hace es enriquecer el mineral que se encuentra en la naturaleza. Para una bomba atómica es necesario que supere el 90%.
    - c) Material deflector de neutrones para que la masa sea menor.
    - d) Densidad. La masa crítica es inversamente proporcional al cuadrado de la densidad. Como ejemplo, si se incrementa la densidad un 1% la masa crítica se reduce en un 2%.

**Alemania y la física**

Alemania a principios del siglo 20 hasta 1930 fue una de las principales potencias en la investigación en física. Científicos como Albert Einstein, Hans Geiger, Heisenberg, etc., estaban en la cabeza de la física mundial. Pero el ambiente social pronto cambiará. En enero de 1933 Adolf Hitler llega al poder, en marzo promulga la primera ley antisemita. Esta ley provoca que los científicos que tenían origen judío sean apartados de las universidades y centros de investigación. Comienza el éxodo hacia países más amigables, principalmente Gran Bretaña y Estados Unidos. En 1935 se aprueban



las leyes de Núremberg, que hace a los judíos, y sus descendientes, ciudadanos sin derechos. El éxodo de los científicos hace que Alemania<sup>7</sup> pierda la hegemonía científica en favor de Estados Unidos.

Algunos de los científicos expulsados de Alemania, y que trabajaron en el proyecto Manhattan, son:

- Albert Einstein. Judío alemán, físico. Padre de la teoría de la relatividad. Premio Nobel de Física, en 1921, por sus contribuciones a la física teórica. Firmó la carta de petición de desarrollo de la bomba atómica, después de su uso se opuso a las armas nucleares.
- Leo Szilard. Judío húngaro, físico. Es el autor de la carta firmada por Albert Einstein y dirigida al presidente de los Estados Unidos (Roosevelt), en agosto de 1939, que llevó a la bomba atómica.
- Edward Teller. Judío húngaro, físico. Trabajó en el desarrollo de la bomba de hidrógeno. Su figura pública fue controvertida a causa de la dureza de sus opiniones.
- John von Neumann. Judío húngaro, matemático. Trabajó en física cuántica, teoría de juegos, ciencias de la computación, hidrodinámica, estadística, etc. Junto con los tres anteriores formó la trama húngara, los más firmes defensores del desarrollo de la bomba atómica.
- Eugene Paul Wigner. Judío húngaro, matemático. Premio Nobel en 1963. Contribuyó al diseño de los reactores de plutonio.
- Felix Bloch. Judío suizo, físico. Premio Nobel de Física en 1952.
- Hans Albrecht Bethe. Judío alemán, físico. Premio Nobel de Física en 1967. Trabajó en el cálculo de la masa crítica del  $U^{235}$ .
- Emilio Gino Segrè. Judío italiano, físico. Premio Nobel de Física en 1959. Grupo de Roma. Fotógrafo, realizó fotos para documentar eventos y personas de la historia de la ciencia moderna.
- Enrico Fermi. Italiano, católico, pero su esposa era judía, físico. Premio Nobel en 1938 por sus trabajos en radiactividad inducida. Desarrolló el primer reactor nuclear y es uno de los científicos más completos y destacados del siglo XX.

#### Desarrollo de la bomba atómica

En este apartado vamos a ver las investigaciones de Alemania, Gran Bretaña y de los Estados Unidos (proyecto Manhattan) para desarrollar la bomba atómica.

#### Alemania

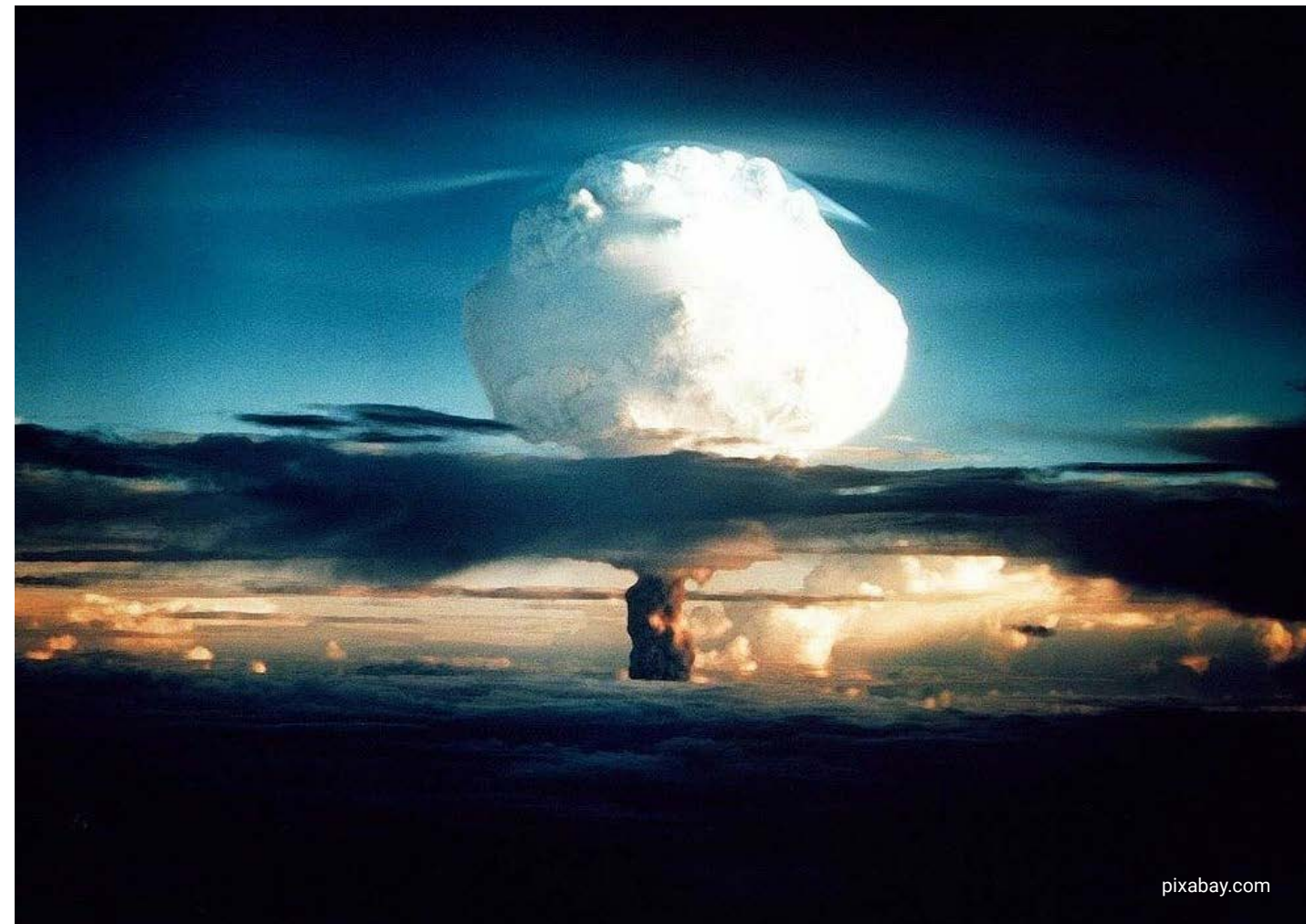
El proyecto alemán para desarrollar la bomba atómica comenzó en 1939. Su responsable fue Werner Heisenberg, que se apoyó en los mejores físicos que quedaban en Alemania. Consideraba que se necesitarían muchos años para llegar a ella. Tuvo poco apoyo económico y de personal. Uno de los errores que cometieron fue desear como moderador de neutrones el grafito, y optar por el agua pesada<sup>8</sup>. Agua pesada que se producía en Noruega, concretamente en la factoría Norks Idro, de Telemark. El acceso a ella fue fácil tras la invasión de Noruega. Desde 1942 sufrió varios sabotajes que perturbaron poco la producción. Sin embargo, en 1944 el total de la producción se perdió tras un sabotaje al barco que la trasladaba a Alemania. Con las derrotas alemanas, cada vez fue más difícil el trabajo y el proyecto fracasó. Los principales motivos fueron el presupuesto (0,5% del de Estados Unidos) y la dispersión por los ataques aliados.

Al final de la guerra los principales científicos alemanes de la bomba atómica fueron detenidos en la *Operación Épsilon*. Fueron trasladados a Gran Bretaña y encerrados en una granja (Farm Hall). Cuando escucharon en la BBC la descripción del ataque a Hiroshima no se lo creían, a pesar de que tenían el estudio teórico muy avanzado.

#### Gran Bretaña

En marzo de 1940, dos extranjeros, Rudolf Peierls y Otto R Frisch, el sobrino de Lise Meitner codescubridor de la fisión, presentaron un memorándum que afirmaba que Alemania estaba desarrollando la bomba y que su potencia era tal que la única defensa era poseerla. El memorándum argumentaba que una pequeña esfera de  $U^{235}$  puro podría tener el poder explosivo de miles de toneladas de TNT. Además, explicaba cómo separar el  $U^{235}$  del  $U^{238}$ . Tras muchos problemas, incluso con la amenaza de detención de Frisch por ser de origen alemán, en junio de 1940 se crea el grupo MAUD<sup>9</sup>, que termina sus trabajos en verano de 1941. Intercambian información con Estados Unidos, que propone unir esfuerzos, pero Gran Bretaña se niega por estar sus estudios más adelantados. En una segunda fase se crea el grupo secreto *Aleaciones de Tubos*, con más de 200 científicos trabajando en él.

En julio del 1942 se dan cuenta de que no pueden desarrollarla solos por el coste (70 millones de libras), por el tiempo necesario (cinco años), y por la exposición a los bombardeos alemanes. Intentan unirse a los Estados Unidos pero ahora son ellos los que no quieren.



pixabay.com

“El éxodo de los científicos hace que Alemania pierda la hegemonía científica en favor de Estados Unidos.”

7. Tras la ley se produjeron tanto pérdidas cuantitativas como cualitativas en la comunidad de la física. Por ejemplo, Max Born, maestro de Werner Heisenberg y coautor de la versión matricial de la teoría cuántica, fue despedido. Se ha estimado que un total de 1.145 profesores universitarios fueron expulsados, alrededor de un 14% de los que había entre 1932 y 1933. De los 26 físicos nucleares alemanes citados en la

literatura antes de 1933, la mitad emigró. Entre ellos, 10 físicos y 4 químicos que habían ganado o podrían ganar el premio Nobel, emigraron de Alemania poco después de la subida de Hitler al poder, la mayoría en 1933. Estos 14 científicos fueron: Hans Bethe, Felix Bloch, Max Born, Albert Einstein, James Franck, Peter Debye, Dennis Gabor, Fritz Haber, Gerhard Herzberg, Victor Hess, George de Hevesy, Erwin Schrodinger, Otto Stern, y Eugene Wigner. Javier Castelo, obra citada.

8. Óxido de deuterio es una molécula de composición química equivalente al agua. El hidrógeno es sustituido por el deuterio, que tiene en el núcleo un protón y un neutrón. Su fórmula química es  $D_2O$ .

9. Grupo de trabajo científico británico cuya finalidad era realizar la investigación para determinar si una bomba atómica era posible. El nombre MAUD proviene de una extraña línea en un telegrama del físico danés Niels Bohr refiriéndose a su ama de llaves, Maud Ray.



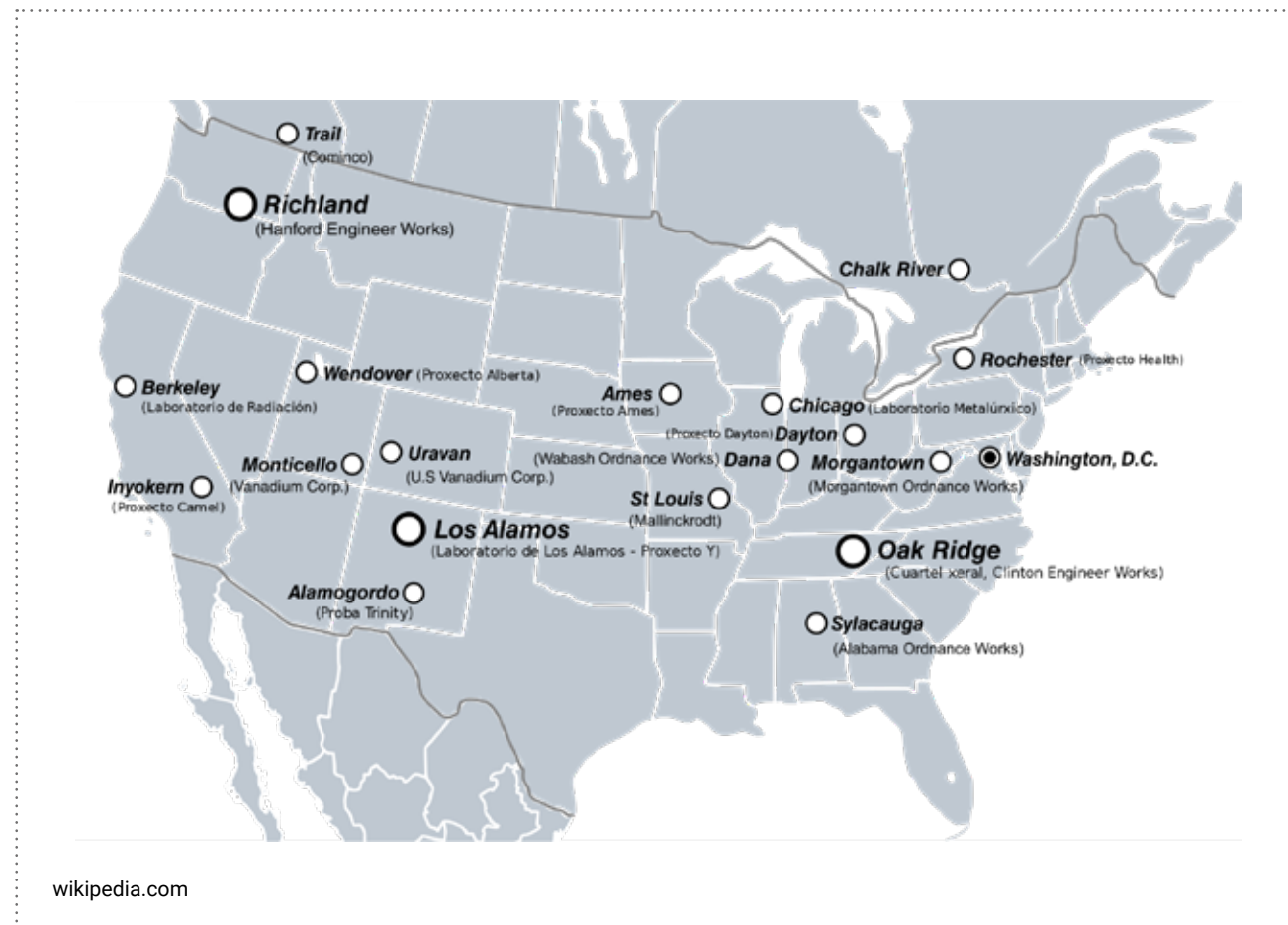
El desencuentro termina en agosto de 1943 con la firma del *Acuerdo de Quebec*, entre Roosevelt y Churchill, por el que los británicos junto con los canadienses se incorporaban al proyecto Manhattan.

### Los Estados Unidos. El Proyecto Manhattan

El 2 de agosto de 1939 Einstein firma una carta, escrita por Leo Szilard, dirigida a Roosevelt para que se desarrolle la bomba atómica. Este es el inicio del Proyecto Manhattan. El inicio fue lento y con muchas trabas administrativas y políticas. Estados Unidos no estaba en guerra. En octubre se crea el *Comité asesor del Uranio*. Su misión, obtener uranio y procedimientos de separación. Los informes británicos impulsan el desarrollo del proyecto.

En octubre de 1941 Roosevelt aprueba el programa atómico. Dos meses después, el 7 diciembre se produce el ataque japonés a Pearl Harbor y Estados Unidos entra en guerra. El panorama cambia totalmente y se produce un gran incremento del esfuerzo económico y técnico.

**Mapa del Proyecto Manhattan De Original: Fallschirmjäger - Translation: Banjo - Trabajo propio derived from File: Manhattan Project US Canada Map 2.svg Base map from: File: BlankMap-USA-states-Canada-provinces, HI closer.svg, CC BY-SA 3.0.**



El trabajo de investigación sobre la fisión se encomendó al Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en junio de 1942.

En la parte administrativa hubo muchos problemas provocados por la lentitud, la falta de un presupuesto realista y el escaso apoyo del Ejército al proyecto. El Ejército consideraba que había otros problemas más urgentes para ganar la guerra. La necesidad de agilizar el proyecto llevó a nombrar, en septiembre de 1942, como director al general de Ingenieros Leslie Groves. Y este escogió a Robert Oppenheimer como director científico del proyecto en los Álamos (Nuevo México), lugar en el que se investigaron, diseñaron y desarrollaron las primeras bombas nucleares.

El Proyecto Manhattan fue una colaboración entre los Estados Unidos, Gran Bretaña y Canadá, llena de desconfianza, peleas y secretos. El 18 de diciembre de 1941, Arthur Compton, que era el responsable de la investigación nuclear en Chicago, propuso el siguiente calendario (entre paréntesis la fecha cuando se consiguió):

- Julio del 42. Determinar si una reacción en cadena es posible (julio del 42).
- Enero del 43. Lograr la primera reacción nuclear en cadena (diciembre del 42).
- Enero del 44. Extraer la primera muestra de plutonio del uranio (diciembre del 43).
- Enero del 45. Disponer de la bomba (julio del 45).

A partir de este momento los trabajos se desarrollaron, a marchas forzadas, básicamente en tres aspectos:

- **Obtención de uranio.** En la que tres equipos distintos, en sendas universidades, estudiaron la separación del  $U^{235}$  del  $U^{238}$ , siendo este mayoritario en la naturaleza.
- **Estudio de los neutrones rápidos** para poner en marcha la reacción en cadena. Este objetivo se asignó a Robert Oppenheimer, quien posteriormente sería el director científico del proyecto Manhattan.
- **Diseño de la bomba.** Tema muy complejo porque se desconocía todo de un mundo que se podía medir e imaginar, pero no ver, y los cálculos tenían que ser muy precisos.

### Primer reactor

En diciembre de 1942, el grupo de Fermi, que escoge el grafito como moderador, completa y opera el primer reactor nuclear, el Chicago Pile-1 (CP-1). Fue un gran éxito y la confirmación de que la reacción en cadena, y la bomba, era posible.

El descomunal apoyo logístico, infraestructura industrial, construcción de fábricas, bases militares, alojamientos y centros de investigación llevaron el proyecto a numerosas localidades, aunque las más importantes fueron los Álamos, Oak Ridge y Richland (ver mapa).

En los Álamos se construyó una ciudad dedicada a la investigación, a la que no se podía entrar y de la que era muy difícil salir. El reclutamiento de científicos y técnicos fue todavía más difícil. Había que convencerlos de dejar su trabajo (muchos estaban en otros proyectos para la guerra) para ir a un lugar indeterminado, por un tiempo indeterminado y cuya finalidad era secreta, y además debían abandonar toda vida social, aunque los casados podían ser acompañados por sus familias.

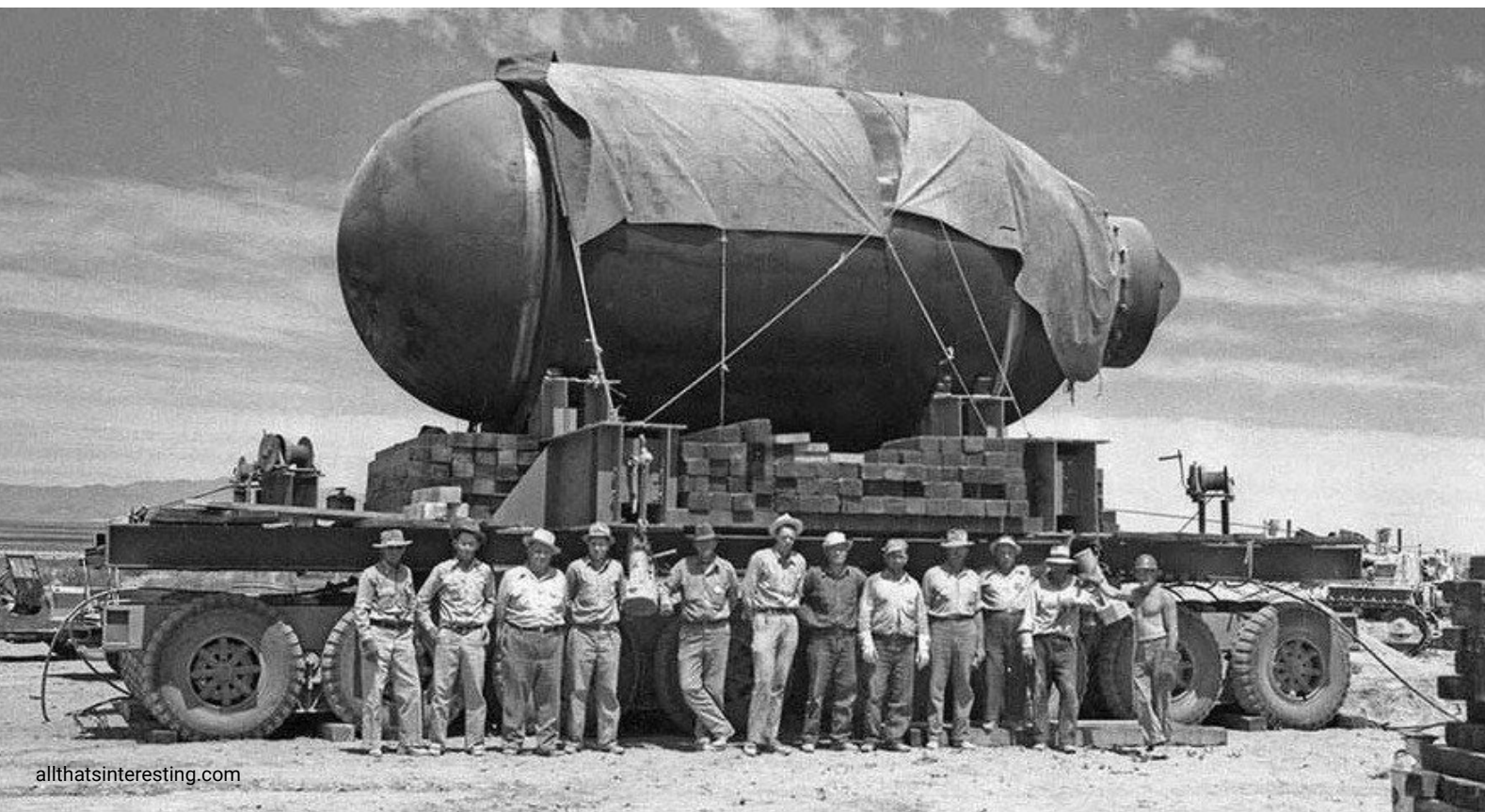
### Material fisionable

No voy a entrar en detalle en las dificultades para conseguir el material fisionable, que fueron extraordinarias, indicaré que se utilizaron dos elementos diferentes, el  $U^{235}$  para la bomba Little Boy (bomba lanzada en Hiroshima) y el  $Pu^{239}$  para la Trinity (explosionada en Alamogordo) y la Fat Man (lanzada en Nagasaki).

Uranio. Para separar el  $U^{235}$  del  $U^{238}$  se utilizaron tres métodos distintos, combinados, en la factoría de Oak Ridge, para alcanzar una pureza de 89%. A mayor pureza mayor rendimiento en la explosión. Para la Little Boy se obtuvieron 50 kg con una pureza del 85%.

“Hubo muchos problemas provocados por la lentitud, la falta de un presupuesto realista y el escaso apoyo del Ejército al proyecto.”





Proyecto Manhattan.

**Plutonio.** El  $Pu^{239}$  es un subproducto de la reacción de fisión del uranio, por eso se controlan las centrales nucleares para que no se desvíe para construcción de bombas. El plutonio, por su mayor poder, es el único elemento que se utiliza en las bombas nucleares.

**Diseño.** Se estudiaron y construyeron dos: disparo (Little Boy), dos masas subcríticas, que se unen para formar una esfera por medio de una explosión convencional. Y el de implosión, Trinity y Fat Man. Es el único que se emplea desde entonces. El material radiactivo se fracciona en partes subcríticas (lentes) de una esfera, se rodea de explosivo convencional y al explotar se comprime el plutonio y se forma la esfera que ya tiene una masa crítica para la reacción en cadena.

La complejidad de manejo del plutonio, y del sistema de implosión de la bomba, llevó a la construcción y detonación de una bomba de prueba (Trinity). Esta se explotó el 13 de julio de 1945 en Alamogordo, y su potencia estimada fue de 20 kilotones (kt)<sup>10</sup>. La explosión se escuchó en El Paso (a más de 140 km). Fue un éxito y confirmó que Estados Unidos estaba preparado para utilizar la bomba en la guerra.

“A pesar de los miles de hombres que trabajaron en las distintas fases y lugares del proyecto, apenas unas pocas docenas sabían lo que estaban haciendo.”

**El secreto**

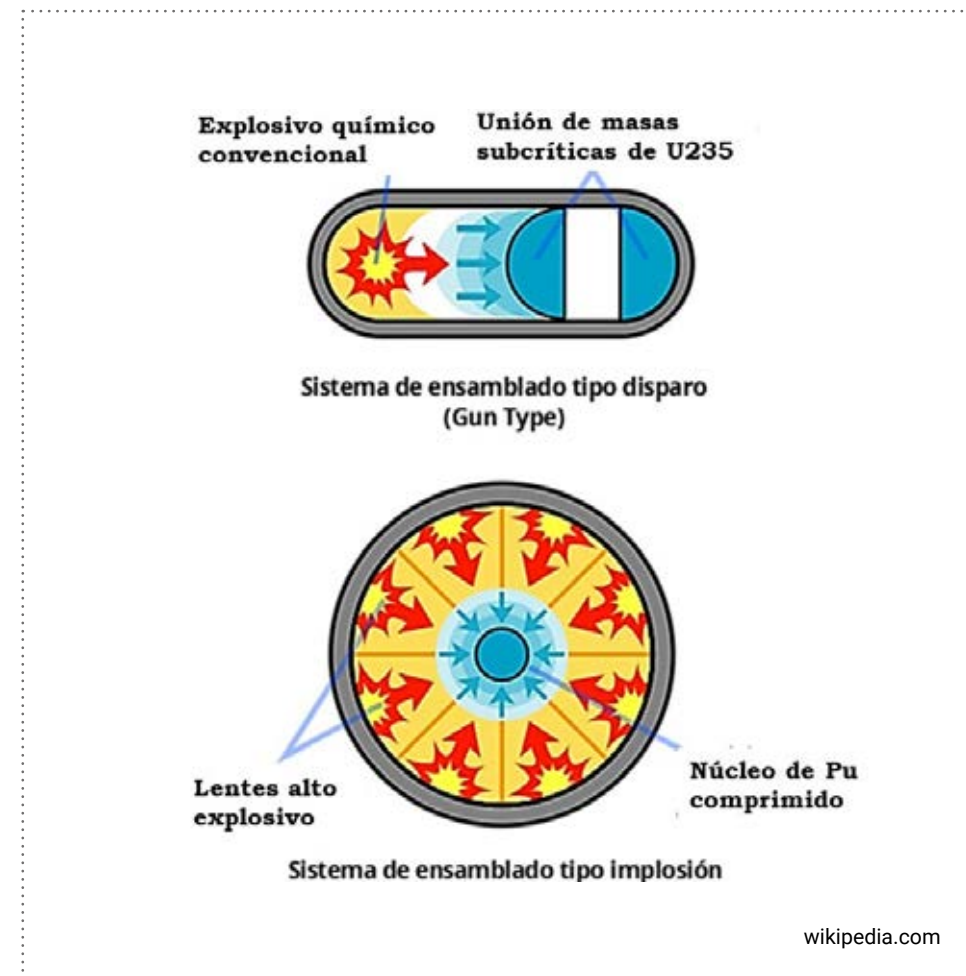
Una característica importante de toda esta operación fue el secreto. A pesar de los miles de hombres que trabajaron en las distintas fases y lugares del proyecto, apenas unas pocas docenas sabían lo que estaban haciendo. El personal más cualificado solo conocía su parcela y tenía prohibido hablar de su trabajo con otros, incluida su familia, y los menos cualificados solo sabían lo que tenían que hacer, pero no para qué servía su trabajo<sup>11</sup>. Los controles de entrada a las instalaciones eran muy rigurosos y si no se cumplía el despido era inmediato. En Alamogordo, Oak Ridge y otras instalaciones, se construyeron ciudades cerradas para que vivieran las familias. Los contactos entre los residentes estaban muy limitados, y más aún con el exterior, se controlaba todo lo que salía y lo que entraba. La censura sobre los trabajos científicos y tecnológicos comenzó en 1939, no pudiendo publicarse nada sobre las investigaciones nucleares para evitar que esa información llegara a Alemania y Japón.

Aun así, a pesar de todas las medidas, la URSS consiguió infiltrar espías entre los científicos, siendo Klaus Fuchs el más destacado pues ejerció un puesto relevante en los Álamos. Se estima que la información enviada a la URSS adelantó su esfuerzo en varios años.

La prueba de que todas estas medidas funcionaron, y de que se consiguió mantener el secreto, fue la incredulidad del mundo ante la explosión de la bomba en Hiroshima.

- 10. 1 kilotón equivale a la explosión simultánea de 1.000 toneladas de TNT, es decir la carga de 50 camiones de dos ejes.
- 11. Ver <https://web.archive.org/web/20130117023813/http://nuclearsecy.com/blog/2012/04/16/oak-ridge-confidential-or-baseball-for-bombs/>

De Fastfission, trabajo personal del autor.





### Personal en el proyecto

Es difícil saber cuánta gente trabajó exactamente en el proyecto, pero parece ser que alcanzó la cifra de 129.000 personas, entre las que se encontraban pocos militares. La mayor dificultad para “reclutar” a este elevado número de personas fue la competencia con otros proyectos vitales en tiempo de guerra, especialmente en lo relativo al personal más cualificado, por lo que en marzo de 1944 el gobierno le otorgó la prioridad más alta. Los científicos eran evaluados por otros científicos e invitados por amigos o conocidos. Como curiosidad, el Cuerpo de Mujeres del Ejército participó en un principio en tareas administrativas y de gestión de material clasificado, pero al poco tiempo pasó también a ejercer tareas científicas y técnicas.

### Consecuencias médicas

A pesar de que apenas se conocían los efectos de la radiación, se nombró como jefe de medicina del proyecto

“Fue el mayor esfuerzo científico técnico de la historia de la humanidad. Su aportación al conocimiento en diversas disciplinas ha sido fundamental.”



allthatsinteresting.com

al coronel radiólogo Warren, que tenía a cargo los hospitales de las distintas localizaciones. Era responsable de la investigación médica y de los programas de salud y seguridad. Teniendo en cuenta el elevado número de materiales tóxicos con los que trabajaban, e investigaban, los accidentes fueron muy pocos. En 1945 se le otorgó un premio por ello porque el número de accidentes fueron un 62% menos que en la empresa privada.

### ¿Cuál fue su coste?

Es casi imposible de conocer con precisión, eran tiempos de guerra. El presupuesto total, en cifras oficiales, fue de 2.400 millones de dólares pero ¿cuánto esfuerzo indirecto se empleó?

El presupuesto se gastó de la siguiente forma. Más del 90% se empleó en la construcción de las plantas y la producción de los materiales fisibles. Un 10% para el desarrollo y producción de las armas. Se fabricaron 4 bombas, por lo que el precio unitario fue de 600 millo-

nes. ¿Es mucho? Comparemos. El gasto corriente en guerra equivale a 9 días de combate<sup>12</sup>. Es el 90% del coste de fabricación de todas las armas individuales suministradas al Ejército. El 34% del coste de carros de combate. Por sistemas de armas, el mayor gasto fue el diseño y la producción del bombardero Boeing B-29 superfortaleza.

### CONCLUSIÓN

La investigación del mundo atómico hasta 1945 fue una carrera de fondo que empezó hace más de 2.000 años. Carrera que terminó en un gran esprint final con el proyecto Manhattan. Esfuerzo que fue estimulado por la Segunda Guerra Mundial y el temor a que Alemania dispusiera de la bomba e impusiera su voluntad al mundo.

Fue el mayor esfuerzo científico técnico de la historia de la humanidad. Su aportación al conocimiento en diversas disciplinas ha sido fundamental: desarrollo de la energía nuclear, entendimiento del átomo, de los elementos químicos, ingeniería, metales, explosivos, etc.

Quiero hacer una mención especial a la medicina nuclear. El tratamiento con isótopos radiactivos del cáncer fue uno de los hijos más tempranos del Proyecto. Se inició en 1946.

La radiactividad se utiliza hoy en muchos campos como en la generación de energía, investigaciones biológicas, la industria, etc.

Desde 1945 hasta la fecha han sucedido muchas cosas y se ha llegado a un conocimiento del mundo atómico muy exacto y más complejo de lo que se suponía. Pero eso es otra historia.



Planta en Oak Ridge, Tennessee, donde se produjo el uranio para la primera bomba atómica.

José Manuel Vicente  
Centro Universitario de la Defensa  
Universidad de Zaragoza

12. Estimaciones de la época del Secretario de Defensa.





# La UME, incendios forestales, evolución y riesgos

*“Que oriente la propia  
existencia, cada acción,  
cada movimiento, a ser de  
utilidad a los demás, hasta la  
entrega de la propia vida.”*

Ideal de Servicio de la UME

Gustavo Abad





Imagen cedida por el autor.

**E**l control del fuego ha sido uno de los grandes pasos en la evolución humana. Permitted, in the first place, to cook food and thus increase its energetic value. The cooking had additional benefits in eliminating the majority of parasites and pathogenic agents. The control of fire and of light occasioned important changes in the way of life, so that human activity was no longer restricted to the hours of daylight and provided protection against predators.

The controlled use of fire was used regularly and systematically by the first modern humans to deal with different materials and increase their ability to shape wood for the manufacture of tools.

In a not-so-distant past, fire was the great ally of the human being, in food, in industrialization and, as it cannot be otherwise, in the rural environment. It is normal that we then have the question of how it is possible that something that until now has done little good has become an ally of the human being and one of the most dangerous to those who must face the emergency devices in the present?

**“El uso controlado del fuego fue utilizado regular y sistemáticamente por los primeros humanos modernos para tratar con calor diferentes materiales.”**

This article aims to provide a general view of forest fires and the role of the UME (Military Unit of Emergencies) in them. In the first place, we will carry out a brief and general analysis of the UME, the reasons for its creation. We will continue with the definition and explanation of some basic concepts that will allow us to deal with the concept of fire generation, as well as the dangers and forms of action in the face of them. It is important to start by emphasizing that the UME is a unit more than the armed forces, its members come from the three branches: land, air and sea. Being a military unit grants certain important characteristics, such as the values of vocation and service inherent to any member of the Armed Forces.

#### **LA UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (UME)**

The Military Unit of Emergencies, whose origin dates from 2005, is nothing more than the response of the State to a social demand. In the first decade of the XXI century Spain suffered various natural disasters that made it necessary for the society to react, so the demand for the State to intervene in these emergencies, in support of the affected population, from a point of





vista nacional. Atendiendo esta demanda se consideró la creación de una unidad militar de carácter nacional, que pudiera responder y apoyar las dispares necesidades de las comunidades autónomas.

Asimismo, se pensó en la respuesta estatal ante una emergencia a nivel nacional, dotando a la UME del personal y medios necesarios para dirigir dicha respuesta si fuera el caso. Haciendo de la UME un instrumento operativo gubernamental que puede actuar en cualquier parte del territorio nacional.

### ORIGEN Y PROPAGACIÓN DE LOS INCENDIOS

Una vez analizado el motivo de la aparición de la unidad se hace necesario realizar una pequeña introducción de los conceptos básicos que permitan la comprensión del porqué se crea y avanza un incendio forestal. Lo primero de todo es definir qué es un incendio forestal. El fuego es un elemento más, que pertenece a la naturaleza, que lo ha utilizado como una herramienta para modelar su cara, marcando y condicionando la distribución de las especies y su extensión en el territorio. Desde el principio de los tiempos, el hombre ha utilizado el fuego para reconstruir su entorno, empleándolo en la agricultura,

**“Cuando un fuego escapa al control se produce el incendio.”**



Imagen cedida por el autor.

ganadería o en actividades forestales, como por ejemplo en las quemas de restos, rastrojos, etc. Cuando el fuego escapa al control se produce el incendio, y cuando este pasa al monte se produce el “Incendio Forestal”. La Ley de Montes, vigente actualmente, dice textualmente en su artículo 6 que un incendio forestal es: “el fuego que se extiende sin control sobre combustibles forestales situados en el monte”.

Dentro de los incendios forestales existen varios tipos de clasificaciones, una de ellas atiende a la superficie quemada en los mismos. Esta clasificación es importante porque la UME suele actuar en Grandes Incendios Forestales (GIF), aunque esto no es una condición indispensable.

Los conatos, que no superan 1 hectárea de superficie quemada, en España representan casi un 65% del total. Cuanto mayor es el porcentaje de incendios que se quedan en conatos, mayor efectividad se supone en los sistemas de extinción. Los incendios normales son aquellos con una extensión entre 1 ha y 500 ha. En España pertenecen a este tipo cerca del 35 % de los incendios declarados. Por último, los grandes incendios forestales se definen como aquellos que superan las 500 hectáreas forestales afectadas. Se caracterizan por un comportamiento que queda fuera de la capacidad del sistema de extinción, ya sea por las elevadas longitudes de llama, por las altas velocidades de propagación o por la presencia de actividad de fuego de copas. Estos incendios no son muy frecuentes pero son el problema real, ya que calcinan enormes superficies en pocas horas o días. En España son GIF menos del 0,20% de los incendios forestales declarados, pero en términos de superficie quemada representan cerca del 40% en un año típico.

El triángulo del fuego representa los elementos que se necesitan para que se produzca la combustión. Estos son combustible, comburente (un agente oxidante como el oxígeno) y energía de activación (calor).

- El combustible es cualquier sustancia capaz de arder. Dicha sustancia puede presentarse en estado sólido, líquido o gaseoso.
- El comburente (normalmente el oxígeno del aire) es el componente oxidante de la reacción.
- El calor o energía de activación es la energía que se precisa aportar para que el combustible y el comburente (oxígeno) reaccionen en un tiempo y espacio determinado.

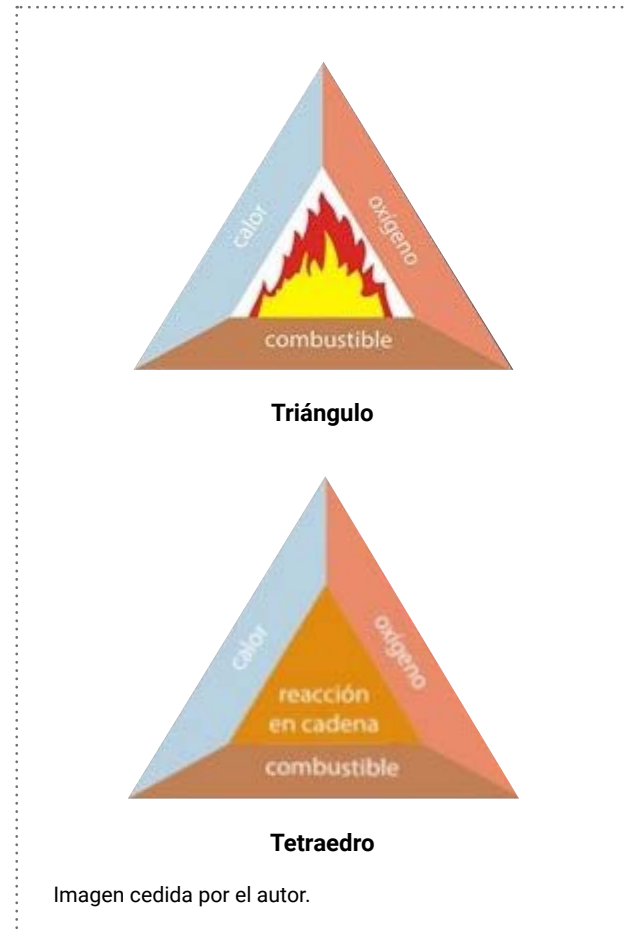


metropolitano.gal

El fuego se desencadena cuando estos factores se combinan en la proporción adecuada. Del mismo modo, eliminando uno de estos factores, es decir, uno de los lados del triángulo, es posible prevenir o atacar un fuego. Teniendo en cuenta este triángulo, para prevenir o parar el fuego se puede actuar sobre diversos elementos. Por ejemplo, sin el calor suficiente, el fuego no puede ni comenzar. En el caso de que apareciera, necesita que haya suficiente calor para propagarse. Para eliminar el factor calor se puede actuar de varias formas. Una de ellas es introduciendo un compuesto que tome una parte del calor disponible para la reacción como, por ejemplo, agua. También se pueden emplear polvos o gases. Por otra parte, aunque aparezca el fuego, sin combustible el fuego se detiene. Dicho combustible puede eliminarse de manera natural (consumido por las llamas), o artificialmente. Esto se consigue mediante procesos químicos y físicos que impiden al fuego acceder al combustible.

Otra forma de atacar o prevenir el fuego es provocando la insuficiencia de oxígeno, ya que esto impide al fuego comenzar y propagarse.





El tetraedro del fuego, en el triángulo del fuego explica cómo se produce el fuego. Es el tetraedro del fuego el concepto que explica cómo dicho fuego puede propagarse y tener continuidad. Igual que ocurría en el triángulo del fuego, ante la ausencia de cualquiera de los elementos del tetraedro, el fuego se extingue.

Como decíamos, la reacción en cadena es el factor que permite que progrese y se mantenga la reacción una vez se ha iniciado esta.

La reacción en cadena de la combustión se da cuando el fuego desprende calor, que es transmitido al combustible realimentándolo y continuando la combustión.

Así, el tetraedro del fuego funciona así: Para que se produzca y propague un incendio debe generarse suficiente calor como para vaporizar parte del combustible e inflamar el vapor que se mezcla con el oxígeno. Para que la combustión se mantenga, el propio fuego debe generar suficiente calor como para vaporizar aún más combustible y que este vuelva a mezclarse con el oxígeno y se inflame. Esto genera todavía más calor, por lo que el proceso sigue una espiral de retroalimentación.

Hay 3 formas de transmisiones de calor:

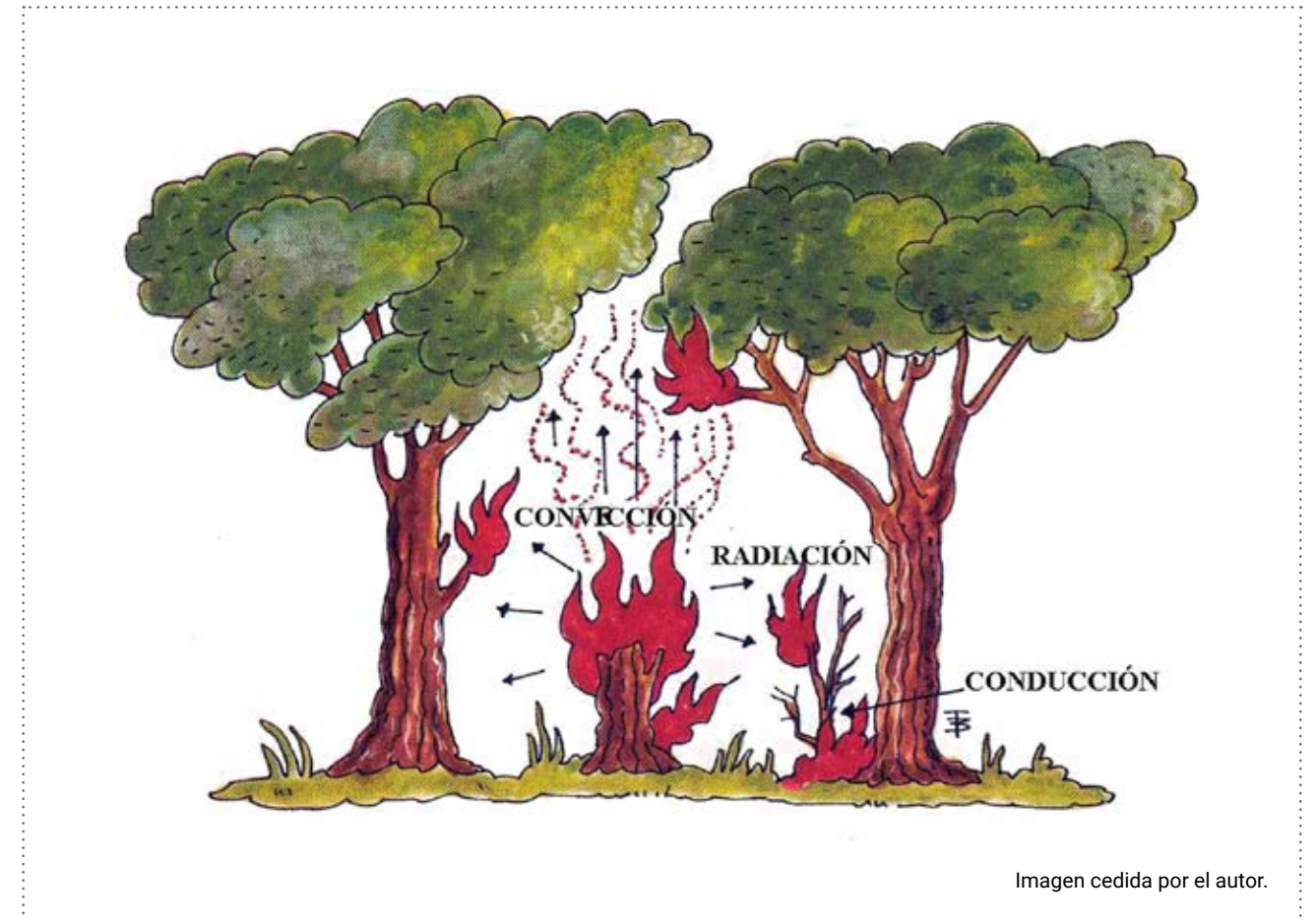
- RADIACIÓN
- CONDUCCIÓN
- CONVECCIÓN

Pero en los incendios forestales hay que considerar una forma más, la presencia de:

- PAVESAS (que saltan o ruedan)

La radiación es la transferencia de energía calorífica a través del espacio, por medio de ondas, como las de energía calorífica que recibe la Tierra de los rayos del Sol. Cuando estamos sentados cerca de un fuego de campamento nos calentamos por el calor que irradia, incluso es posible sufrir quemaduras graves por calor irradiado, simplemente estando demasiado cerca del fuego sin hacer falta que toquemos las llamas.

La convección, ya hemos mencionado que los gases calientes ascienden. Este método de transmisión de calor se llama convección, que es la transmisión de energía calorífica a través de masas de fluidos. El aire caliente sube porque pesa menos que el frío. El aire frío va a llenar el vacío dejado por el aire caliente que



“Igual que ocurría en el triángulo del fuego, ante la ausencia de cualquiera de los elementos del tetraedro, el fuego se extingue.”

está ascendiendo. Puede observarse que, si situamos un papel encima de una llama sin que la toque, este se calienta hasta llegar a su temperatura de ignición y empieza a arder. Si se coloca otro papel al lado de la llama, en un lateral, arde con mayor dificultad o no arde. Esto es debido a que solamente recibe calor por radiación, y si no arde es porque no recibe suficiente calor para elevar su temperatura a la de ignición. Se deduce fácilmente que es peligroso estar colocado en una cuesta por encima del fuego, ya que los combustibles en una ladera por encima del fuego, se calientan por convección. El aire que se eleva por convección puede además llevar pavesas que puedan llegar a zonas de combustible no quemado y empezar nuevos fuegos si existen las condiciones adecuadas para ello y el triángulo del fuego está en el balance adecuado. También hay otro fenómeno que se debe tener en cuenta: se puede formar una enorme columna de convección. Cuando esto ocurre, el aire caliente que asciende arrastra aire frío, y con él un nuevo aporte de oxígeno es absorbido por la base del fuego, que entonces genera su propio viento y se alimenta a sí mismo.

La conducción es la transferencia de energía calorífica a través de una sustancia por acción molecular directa, es decir, pasa de una molécula a las que tiene junto a ella, y así sucesivamente. El mango de aluminio de una sartén en el fuego se calienta por conducción. Si este mango estuviera hecho de madera se calentaría mucho menos. Esto es porque la madera es un mal conductor del calor. Debido a este hecho, la conducción es el método de menor importancia en la transferencia de calor, por lo que respecta a los combustibles forestales.

El incendio forestal es en definitiva el desarrollo del fuego en el medio forestal, es decir en el monte. De cómo sean las características de ese monte y del tiempo atmosférico que tengamos, dependerá que el incendio tenga un comportamiento u otro, sea más rápido o más lento, y tenga más intensidad o menos. Para planificar y ejecutar las acciones que nos permitan la supresión del fuego y, por tanto, el control del incendio, necesitamos saber no solo cómo se encuentra el incendio en ese momento, sino que tenemos que prever cómo evolucionará previsiblemente en el tiempo futuro, más o menos





próximo a este momento pero, desde luego, durante el tiempo que tardará el control y extinción del mismo. Quede claro que la previsión de la evolución se debe hacer con los factores que hay en el mismo entorno del incendio y con las condiciones que podamos prever puedan cambiar, es decir, si hay condiciones específicas en la localidad, como cambio de pendiente, encañonamientos, vientos locales, etc. El comportamiento del incendio viene condicionado por toda una serie de factores, que se agrupan en tres:

- COMBUSTIBLES FORESTALES
- TIEMPO ATMOSFÉRICO
- TOPOGRAFÍA

Los combustibles vegetales (pastos, ramas, semillas, matorrales, acículas, árboles, etc.) vuelven a formar parte de otro triángulo, el del incendio, y sus condiciones de tamaño, distribución, humedad, etc., son determinantes para que se inicie o no un incendio, la dificultad de controlarlo y la probabilidad de un comportamiento extremo o irregular. Además, es el único elemento sobre el que podremos actuar, modificándolo para extinguir el incendio, mientras que de los otros dos solo podemos analizar cómo influyen.

#### TIPOS DE INCENDIOS Y RIESGOS

Una vez definidos estos conceptos básicos, que influyen en la creación y propagación del incendio, es necesario hacer una clasificación de los mismos atendiendo a su propagación. La forma de propagación del incendio, como hemos visto anteriormente, viene determinada por una serie de factores que influirán, sobre todo, en que el incendio esté dentro o fuera de la capacidad de extinción y por lo tanto de la forma de atacar al mismo.

Incendios de superficie son aquellos incendios en los que se queman los combustibles que hay sobre el suelo en una altura próxima, como pastos, matorrales, repoblaciones jóvenes, pequeños arbustos, restos de cortas, despojos, etc.

Estos combustibles son los que propagan el fuego de unos a otros, y normalmente no afecta a los árboles que puede haber entre medias. No quiere decir que si hay continuidad vertical no se queman las copas pero, cuando desaparezca la continuidad, el fuego volverá a bajar al suelo y se seguirán quemando los combustibles bajos. A este fenómeno se le conoce por CORONAMIENTO, y no se debe confundir con el fuego de copas.

Los incendios de copas son los que se propagan a través de las copas de los árboles. En ellos hay dos avances, primero se queman las copas, ya que el viento es más intenso que a nivel de suelo y las hojas son combustibles finos (ligeros) que arden bien, y después, por detrás, se van quemando los combustibles superficiales, como matorrales y pastos. En cuanto hay una disminución de la velocidad del viento, el fuego suele dejar las copas y pasar a los combustibles superficiales. Estos fuegos se producen en masas arboladas cerradas con continuidad de combustible, tanto horizontal como vertical, y es necesario la presencia de fuerte viento. Son incendios de muy alta intensidad, que presentan serias dificultades para su control.

Por último, los incendios de subsuelo son fuegos que progresan por debajo del suelo, quemando raíces, tallos subterráneos, etc. Son fuegos muy lentos, ya que hay muy poco oxígeno, no tienen llama y prácticamente no desprenden humo, por lo que son muy difíciles de localizar. No son muy frecuentes pero hay especies que, debido a sus características, tienen una propensión a presentar este tipo de fuego, como las turberas, por ejemplo. Son fuegos incómodos ya que su control es difícil porque está bajo tierra y, cuando aflora a la superficie, encuentran oxígeno y cambian su comportamiento, reproduciéndonos el incendio de superficie.

**“Los incendios de copas se producen en masas arboladas cerradas con continuidad de combustible, y es necesario la presencia de fuerte viento.”**



Nuestro clima mediterráneo se caracteriza por la coincidencia de la época del año más cálida con la época más seca y por la presencia de tormentas secas. Por lo tanto, anualmente ha habido, de manera natural, incendios forestales. Por ello, gran parte de las plantas mediterráneas han adquirido una serie de estrategias adaptativas que les permiten persistir a incendios recurrentes. Por lo tanto, el fuego ha sido un factor modelador de la biodiversidad mediterránea. Además, muchas especies de la flora y fauna dependen de los espacios abiertos generados por los incendios. Sin embargo, esto no implica que los incendios siempre sean beneficiosos; cada especie está adaptada a un régimen de incendios concreto (régimen de incendios ecológicamente sostenible), es decir, a la frecuencia, intensidad y estacionalidad de fuegos que ha ocurrido durante su historia evolutiva; regímenes de incendios fuera del rango histórico pueden ser perjudiciales para la biodiversidad. Los incendios de por sí no son perjudiciales para la biodiversidad, aunque puede haber regímenes de incendios que sí lo sean. Para la conservación de la naturaleza es importante favorecer los regímenes de incendios ecológicamente sostenibles, y evitar los ecológicamente insostenibles.

A lo largo del último siglo se ha visto una evolución en los incendios forestales en España, a este término se le denomina generaciones de incendios. Básicamente lo que se pretende explicar con este término es cuál es el elemento principal que está determinando el tipo de incendio.

La primera generación arranca después de la Guerra Civil española, cuando la hambruna y los problemas sociales mueven a la población a explotar la tierra en busca de sustento. La población que habitaba en el campo utilizaba todos los recursos del territorio que pudiera haber y más. Por esta razón, los incendios no existían o tenían poca continuidad, porque se extinguían conforme llegaban a zonas de labranza o pastoreadas.

Durante la segunda generación de incendios, debido al comienzo del abandono del medio rural en favor de las ciudades industrializadas, cada vez hay más vegetación continua por donde el fuego puede propagarse rápidamente, de manera que aparecen las primeras medidas preventivas: los cortafuegos.

En esta época empiezan a emitirse los conocidos eslóganes publicitarios “Todos contra el fuego” del ya extinto Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA), con la participación de numerosos artistas españoles, como Manolo Escobar o Joan Manuel Serrat.

En la siguiente generación, los incendios empiezan a ser intensos y los dispositivos de extinción encuentran problemas para afrontarlos, por lo que se comienza a hablar de una tercera generación entre los años 80 y los 90.

Se opta entonces como solución, por parte de los responsables de los dispositivos, la profesionalización de los servicios y el aumento de los recursos, sobre todo de los medios aéreos. En esta generación, los incendios tienen más continuidad y son más rápidos, por otro lado los dispositivos también son mucho más grandes. Empieza a darse una situación que sería tendencia en esta época, al aumentar el tamaño del enemigo (incendio) más aumenta el tamaño del ejército que lo combate (dispositivo).

En la cuarta generación los movimientos demográficos vuelven a sumar un obstáculo más en las ya de por sí complicadas tareas de extinción: las zonas de interfaz urbano-forestal. Aunque la gente haya salido del medio rural en busca de otro tipo de vida, sigue queriendo disfrutar del medio rural por lo que surgen las segundas residencias. Debido a su ubicación, estas viviendas son



Imagen cedida por el autor.



Imagen cedida por Jesús Pardo Tejero (UME).

**“Nuestro clima mediterráneo se caracteriza por la coincidencia de la época del año más cálida con la época más seca y por la presencia de tormentas secas.”**

especialmente vulnerables frente a los incendios forestales, sobre todo porque muchas de ellas no cuentan con todos los permisos ni con un plan de protección contra incendios, como obliga la ley.

Esto supone un cambio en la forma de entender la gestión de un incendio, pasamos de una gestión de incendios forestales a una gestión de una emergencia por incendios forestales, es decir una emergencia de protección civil. En un incendio forestal, la prioridad siempre son las personas, la segunda son las propiedades y la tercera prioridad es la protección del monte. Esto conlleva que la mayor parte de los medios del dispositivo se centren en salvar a las personas y las viviendas, por lo que se produce un “abandono”, en cuanto a medios se refiere del incendio, haciendo que este avance de forma más libre.

La quinta generación se desarrolla cuando a todo eso que ya está sucediendo se añade la simultaneidad, es decir, aparecen varios incendios a la vez, produciendo, por tanto, un colapso en los dispositivos.

Además, la influencia del cambio climático empieza a hacerse notar. Los incendios son más agresivos, paralelos y más difíciles de sofocar, no solo por la acumulación de biomasa y su avance a zonas de interfaz, sino porque se intensifican las sequías estacionales y otros fenómenos climáticos, por ejemplo, las tormentas eléctricas.

La sexta generación de incendios acaba desencadenándose debido a los efectos del cambio climático y por el propio cambio global a partir de mitad del siglo XX.





Imagen cedida por Jesús Pardo Tejero (UME).

Existen una serie de factores que han ido evolucionando y que son los principales motivos por los que se producen estos incendios.

El primero de ellos es el aumento de la temperatura, que hace que algunas de las especies vegetales empiecen a estar “fuera de estación forestal”, es decir, que surjan en zonas para las que no están adaptadas. Por otro lado, aunque el cómputo anual de precipitaciones se mantiene, se concentran en tormentas y episodios más concretos generando problemas de inundaciones, dificultad de absorción del agua y pérdida del suelo, además del aumento de la vegetación estresada por la proliferación de las sequías.

Además, la acumulación de biomasa facilita que aparezcan grandes columnas de convección muy potentes, grandes nubes provocadas por la evaporación de toda la humedad de la vegetación, incrementando la intensidad del fuego. Esa columna de convección puede evolucionar hasta formar un pirocumulonimbo, es decir, una nube de tormenta generada a partir de la gran evaporación de un incendio. Este suceso supone un peligro añadido para los equipos de extinción, ya que pueden verse encerrados por nuevos focos generados por pavesas o brasas incandescentes muy volátiles.

**“Cuando un incendio en su desarrollo llega a un cañón, su velocidad de propagación se incrementa por la aceleración producida por los vientos de valle.”**



Imagen cedida por Jesús Pardo Tejero (UME).

En definitiva, estos incendios avanzan mucho más rápido y con un comportamiento muy agresivo, estando fuera de la capacidad de extinción. Dos de los ejemplos de esta generación de incendios en España han sido los producidos en 2021 en Sierra Bermeja (Málaga) y Santa Coloma de Queralt (Tarragona).

Los peligros a los que se enfrentan los dispositivos de extinción en este tipo de incendios son múltiples y variados, siendo los más importantes los que se describen a continuación:

1. Zona de hombre muerto: Es la zona de futura propagación del incendio, donde se encuentra la cabeza del fuego y hacia donde avanza en unas condiciones extremas. Es una zona que sirve para predecir el comportamiento extremo de los incendios y para conocer la futura propagación, hacia donde irá el incendio de una manera muy rápida.
2. Paveseo y elementos rodantes: Es importante reconocer combustibles que puedan dar lugar a formación de pavesas, y que pueden propagar el incendio a distancia alejada por delante del frente de llama. El paveseo es el combustible muerto seco que una vez en llamas, y debido principalmente a la acción del viento, es movido en la dirección de este a van-

guardia del frente de llamas. Los elementos rodantes son todo tipo de combustibles, por ejemplo, piñas, que pueden desplazarse por el efecto de la pendiente creando focos secundarios.

3. Humo: La presencia de humos y gases presenta problemas como falta de visibilidad, desorientación, irritación de ojos, mucosas y narcosis. Tienen efectos acumulativos y sensibilizantes. Las emisiones de gases que afectan a la salud son partículas de monóxido de carbono y aldehídos. Además, los humos y gases ocasionan dificultades respiratorias e incluso pueden provocar la asfixia en determinadas condiciones.
4. Potencial de retorno: Combustible por el que ha pasado el incendio, que no se ha quemado y que puede volver a arder.
5. Efecto chimenea: En los cañones se produce lo que llamamos efecto chimenea: Cuando un incendio en su desarrollo llega a un cañón, su velocidad de propagación se incrementa por la aceleración producida por los vientos de valle. La propagación cambia de dirección y se realiza por el eje principal del cañón o valle cerrado. Cuanto más cerrado y mayor pendiente, mayor velocidad de propagación. Hay que tenerlo en cuenta tanto en la extinción como en la circulación por el entorno del incendio: crestas, laderas opuestas al frente, fondo de valle.
6. Inversión térmica: Lo normal es que según subamos en altura el aire sea cada vez más frío, pero es muy frecuente que al atardecer y por la noche, en días de buen tiempo, sin viento, en valles protegidos, el aire que está en contacto con las laderas desciende por ellas y se acumula en el fondo del valle, haciendo subir las capas más cálidas hasta que se lo impide la masa de aire más frío que hay en altura, formando una banda caliente entre dos masas de aire frío, la del fondo del valle y la superior. Esto quiere decir que tenemos una masa de aire más frío y más húmedo en el fondo del valle, y por tanto combustible fino más húmedo, una masa de aire, CINTURÓN TÉRMICO, a unos 2/3 de la altura del valle, más cálido y seco, y sobre él una masa de nuevo más fría, pero ya en condiciones normales. Cuando avanza el día sabemos que se calientan las laderas y, por tanto, el aire en contacto con ellas y comienza a ascender, pero esta ascensión está tapada por el cinturón. Cuando tienen fuerza suficiente rompen el cinturón ascendiendo con rapidez por las laderas mientras entra aire fresco por la zona central del valle. En este momento el fuego transforma súbitamente su comportamiento.



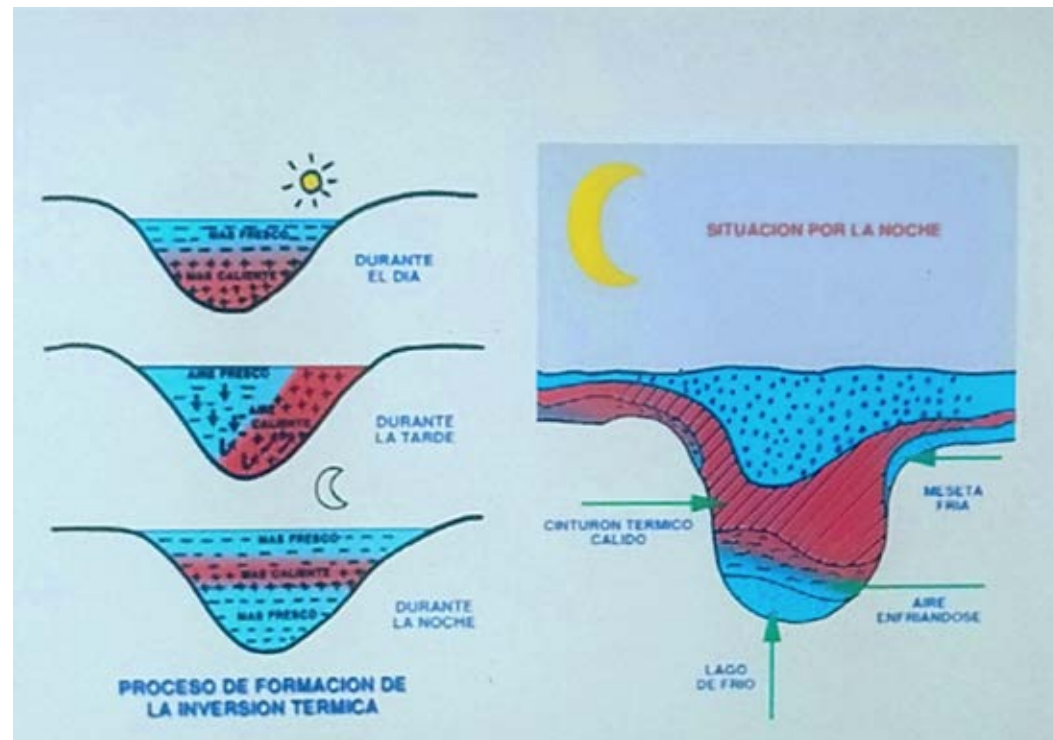


Imagen cedida por el autor.

**“La Unidad Militar de Emergencias es independiente logísticamente. Este hecho alivia la carga de trabajo de la dirección de la emergencia.”**

Las posibilidades de empleo son: trabajo con autobombas, trabajo herramienta manual, trabajo combinado autobombas / herramienta, helitransporte, trabajo en todo tipo de terreno, trabajo de forma aislada, capacidad de integrar otros medios (aéreos, ingenieros...) y mando de sector/sectores y las misiones asignadas a la sección que se dividen en: ataque directo, ataque indirecto, liquidación de fuegos controlados, remate, vigilancia, quemas de ensanche y contrafuegos; en función de la situación del incendio y del dispositivo gestionado por el director de Extinción.

La forma habitual de trabajo en la UME es la organización de las unidades en Subgrupos tácticos. Estas unidades están integradas normalmente por dos secciones y elementos de apoyo como policía militar, sanidad, mecánicos, maquinaria de ingenieros que garanticen poner a disposición de la dirección de la emergencia todos los elementos que pudiera necesitar.

Debido a la naturaleza de este Riesgo Natural, tan impredecible y rápida, la UME llevará a cabo un despliegue y ocupación de destacamentos mediante personal,

### LA UME EN LAS CAMPAÑAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Una vez analizados los distintos factores que influyen en los incendios, los tipos de incendios a los que se enfrentan los dispositivos y los peligros a los que pueden estar sometidos los intervinientes, es el momento de explicar qué puede aportar la Unidad Militar de Emergencias en este tipo de desastre natural.

A partir del 15 de junio y hasta el 15 de septiembre se activa la Campaña de Lucha Contra Incendios Forestales (CLCF). Para contribuir con todos los dispositivos del Estado y de las Administraciones Públicas, la UME elabora una Orden de Operaciones vigente durante dicha Campaña.

La misión de la UME durante la campaña será estar preparada para intervenir en todo el Territorio Nacional, para apoyar a las autoridades civiles competentes en su actuación ante una situación de emergencia declarada por incendios forestales, contando, si fuese necesario, con el refuerzo de capacidades y medios del resto de unidades de las FAS.

La unidad mínima de empleo de la UME es la sección (36 militares, 6 autobombas y 1 nodriza). La sección garantiza el trabajo diario 24 horas durante los días que fueran necesarios. Si se considerara que la sección, debido a los días y tipo de trabajo, estuviera desgastada para la intervención se sustituiría por otra sección, continuando con el trabajo los días que fueran necesarios. Además, la sección es la unidad mínima de empleo, pero esto no quiere decir que solo pueda emplearse o trabajar una sección. Trabajarán las secciones que haga falta siendo posible el refuerzo, si fuera el caso, con unidades de la UME de otra área de responsabilidad. En total cuenta con 25 Secciones disponibles durante toda la Campaña, aproximadamente 1000 militares de ataque directo al fuego y 1300 de apoyo (logística, transmisiones etc.). 2300 militares disponibles en todo momento durante la campaña.

Un punto muy importante es que la Unidad Militar de Emergencias es independiente logísticamente. Este hecho alivia la carga de trabajo de la dirección de la emergencia, ya que no tiene que preocuparse de la alimentación, descanso, repostaje o reparaciones que surjan en los vehículos de la unidad.



Imagen cedida por Jesús Pardo Tejero (UME).



material y/o medios para dar una pronta y eficaz respuesta. Los destacamentos específicos para la campaña LCIF se activan y ocupan en función del riesgo histórico de Incendios Forestales.

Asimismo, *ad hoc* se establece el procedimiento de "Despliegue Adelantado": cuando la situación lo requiera, se adelantarán los despliegues y se preposicionarán medios y unidades en función de la previsible evolución de la situación y de los niveles de alarma de los indicadores de riesgo correspondiente y "Alerta Temprana": en aras de alcanzar una rápida actuación y llegar lo antes posible a la zona de la emergencia.

### CONCLUSIÓN

Como conclusión se puede afirmar que la evolución de los incendios a lo largo del último siglo ha hecho de

esta emergencia una de las más importantes en nuestro país. En la actualidad y en un futuro próximo los incendios forestales que se esperan en España acarrearán una serie de peligros, hasta ahora nunca vistos, para los dispositivos de extinción. La rapidez, continuidad, intensidad e imprevisibilidad de los mismos aumentan de forma exponencial los riesgos citados anteriormente a los que se exponen los intervinientes. Por lo que la unidad de acción y la capacidad de integración de los distintos elementos de intervención son condiciones indispensables para mitigar estos peligros. La UME es una unidad militar al servicio, como no puede ser de otra manera, de la sociedad. Es una unidad preparada y dispuesta a ayudar en cualquier situación de riesgo y fatiga. Pone a disposición del mando de la emergencia una cantidad de medios y personal con total autonomía logística. Además, aporta capacidades diferentes a las de otros dispositivos.

Está preparada para intervenir y ser una pieza clave en la resolución de una emergencia tan complicada como un incendio forestal, además puede integrarse, como así lo hace, con los demás intervinientes del incendio.

Los hombres y mujeres que integran esta unidad llevan por bandera el artículo del IDEAL de SERVICIO, que se encuentra dentro de su ideario y que dice lo siguiente:

QUE ORIENTE LA PROPIA EXISTENCIA, CADA ACCIÓN, CADA MOVIMIENTO, A SER DE UTILIDAD A LOS DEMÁS, HASTA LA ENTREGA DE LA PROPIA VIDA.

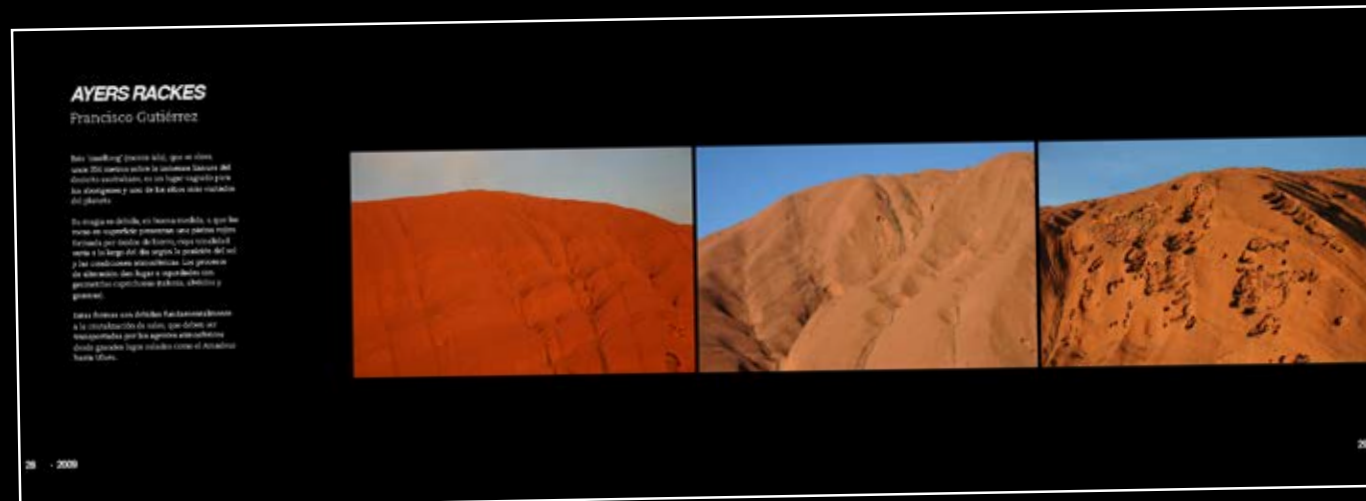
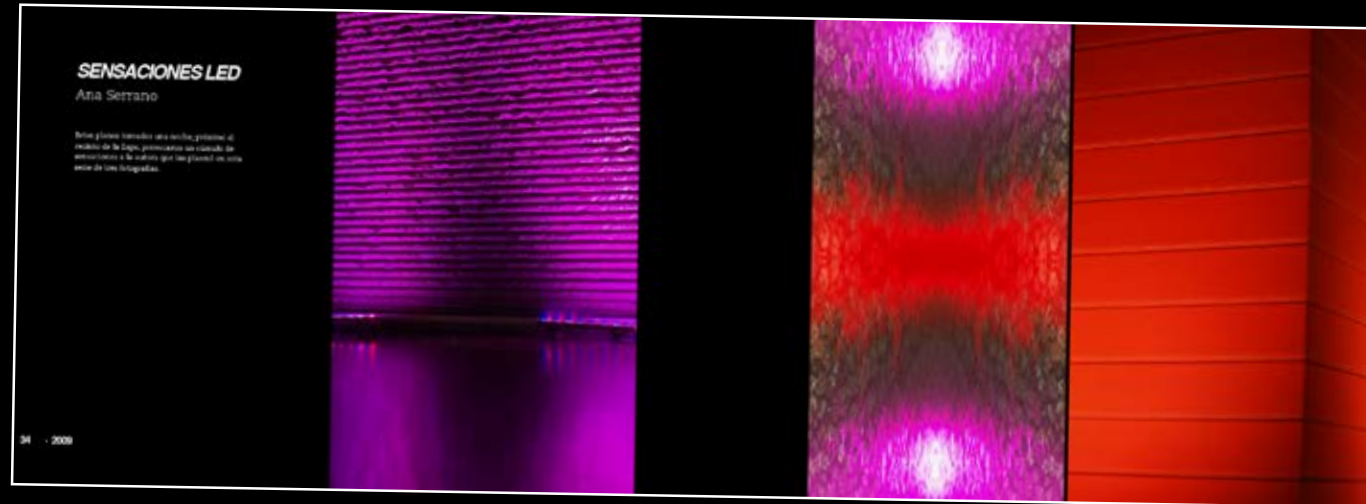
Gustavo Abad  
IV Batallón de la UME

### BIBLIOGRAFÍA

- Henry de Lumley (2017). La domestication du feu aux temps paléolithiques. Paris: Odile Jacob. p. 192.
- Gobierno de Aragón. Felipe Aguirre Briones. Manual de formación de incendios forestales para cuadrillas.
- Marc Castellnou. Analista jefe de los GRAF de Bombers de la Generalitat de Catalunya.
- De los pequeños a los grandes incendios; del incendio continuo al complejo de grandes incendios convectivos.
- UME 2021. Manual de campo LCIF para mandos.







Disponible en la red...



Descárgalo gratis:



[https://ciencias.unizar.es/sites/ciencias/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion\\_social/cientificamente\\_objetivo.pdf](https://ciencias.unizar.es/sites/ciencias/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion_social/cientificamente_objetivo.pdf)





Servetus Studio<sup>®</sup>,  
más de 20 años  
de creación de  
cortometrajes en  
educación secundaria  
y bachillerato

Ignacio Cólera y Carlos Moreno





**S**exualidad, prevención de drogodependencias, igualdad, convivencia, desarrollo sostenible, educación medioambiental, método científico..., son algunos de los temas abordados en los cortometrajes realizados por el alumnado participante en este proyecto audiovisual educativo, reconocido con múltiples premios nacionales e internacionales.

#### INTRODUCCIÓN

*“El gran objetivo de la enseñanza debe ser formar personas creativas” (Jean Piaget)*

Un viejo proverbio chino, muy conocido y fundamental en Educación, afirma: “Dime algo... y lo olvidaré; enséñame algo... y lo recordaré; hazme participe de algo y entonces aprenderé”. Dicho de otro modo, la metodología *“Learning by doing”* (Aprender haciendo) viene de lejos.

En la creación cinematográfica intervienen múltiples elementos de aprendizaje y permiten al alumnado conocer,

comprender, apreciar y valorar críticamente diferentes manifestaciones culturales y artísticas, además de sentirse protagonistas de lo que han realizado con esfuerzo y en coordinación con otros compañeros y compañeras.

Con este principio venimos desarrollando el proyecto Servetus Studio®, y esta experiencia nos permite afir-

mar que la alfabetización audiovisual, unida a la creatividad, favorece de manera positiva y determinante el desarrollo integral del alumnado, puesto que le proporciona aprendizajes significativos, conocimientos tecnológicos y artísticos integrados en modelos de cooperación y crecimiento en valores personales que no se olvidan.



Diferentes momentos de los estudiantes grabando y los carteles de los cortometrajes.

Imágenes cedidas por el autor.



## BREVE HISTORIA

Servetus Studio® es algo más que un proyecto audiovisual. Para sus creadores, los profesores Ignacio Cólera, José Manuel Mateos y Carlos Moreno, es un proyecto educativo que se identifica con una "productora audiovisual escolar" y que, desde su inicio en el año 2001 con grupos de Diversificación Curricular de Educación Secundaria en el IES Miguel Servet de Zaragoza, ha realizado más de 40 obras de ficción y trabajos audiovisuales educativos y saludables.

Descubrimos, en los primeros años, que una forma de introducir significativamente en el aula aspectos relacionados con la Educación para la Salud era a través de la realización de cortometrajes, donde el alumnado participase en los distintos roles cinematográficos: guion, dirección, fotografía, sonido, interpretación, edición y postproducción". El proyecto se integraba en la programación de las asignaturas de Ámbito Científico y Tecnológico, en Ámbito Socio-lingüístico y en Tutoría. Una vez realizados estos cortometrajes se presentaban

a certámenes y festivales cinematográficos escolares nacionales e internacionales y fueron acumulando múltiples premios. Poco a poco fuimos incorporando en nuestro trabajo el documental técnico y el noticiario escolar. Con el tiempo, sistematizamos una metodología activa que resumimos en lo que llamamos el "Método Servetus", que después comentaremos.

A partir del curso 2014-2015 el proyecto se trasladó al alumnado del IES Avempace (nuevo destino de Ignacio Cólera). Carlos y José Manuel, siguieron vinculados en el mismo a través de la Red de la Experiencia del Gobierno de Aragón, que canaliza la experiencia docente del profesorado jubilado. También cambió el tipo de alumnado, se amplió el proyecto a Bachillerato como actividad complementaria de Física y Química y a grupos de 4º de ESO de la asignatura Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional. En los nuevos cortometrajes y documentales se trabajaron contenidos medioambientales, de sexualidad, método científico, prácticas de laboratorio, igualdad de género, etc. Se dio continuidad así al proyecto y, como sucedió en la anterior etapa, estos



Premio Augusto al mejor corto juvenil 2016, Festival de Cine de Zaragoza (arriba) y Avempace Cristal (abajo).



Alumnado y profesores Servetus 2010.

Imágenes cedidas por el autor.

cortometrajes y documentales también recibieron múltiples reconocimientos en forma de premios, incluyendo en dos ocasiones el de "Mejor vídeo" del Concurso de Cristalización (2015 y 2019).

El propio proyecto Servetus Studio® ha recibido el premio Crearte 2009 del Ministerio de Cultura, el Premio de Comunicación 2008 de la Universidad Carlos III y el premio María Moliner 2019 a la labor docente.

Actualmente, los tres profesores del proyecto seguimos participando con el alumnado del IES Avempace desde la Red de la Experiencia, con la colaboración de tres profesoras del centro: Marta Borraz, Eva García-Bajo y Elena Mallén.

**“Servetus Studio® es algo más que un proyecto audiovisual; es un proyecto educativo.”**





## EL MÉTODO SERVETUS

En cada uno de los trabajos, nuestro objetivo consiste en mostrar en imágenes un fragmento de la realidad cotidiana que viven los adolescentes partiendo de un tema de educación para la salud o del currículo de las Ciencias. Tras haber profundizado en el tema planteado, sin descuidar los aspectos emocionales tan importantes en esta etapa educativa, el alumnado debe construir una historia que incluya su punto de vista para ser interpretada ante las cámaras. Si se trata de un documental técnico, además de plasmar el trabajo realizado, se incide en las emociones o en el humor.

En estos años hemos descubierto, de forma progresiva, una serie de pautas que nos han permitido organizar los objetivos y construir un itinerario para la realización de cortometrajes con el alumnado. Es lo que hemos denominado "Método Servetus", que hemos divulgado en cursos y en jornadas educativas para docentes.

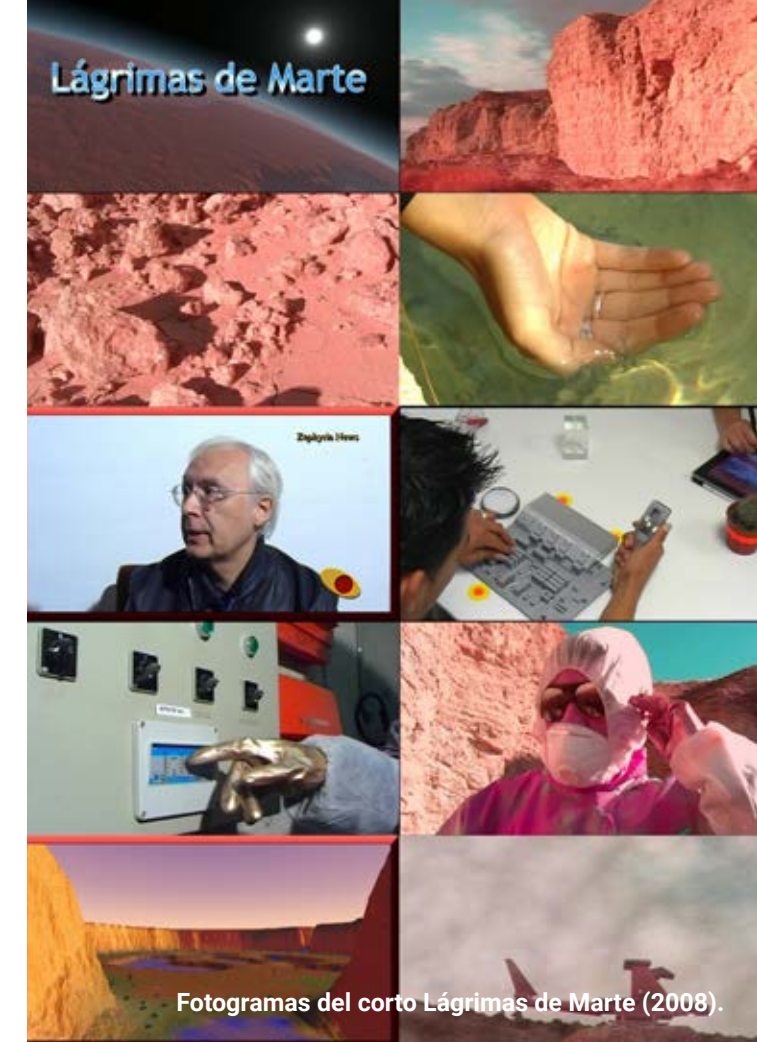
Así, nuestras producciones son, principalmente, cortometrajes que:

- Cuentan siempre una historia y el alumnado interpreta personajes creados por ellos.
- Integran contenidos de educación para la Salud, valores educativos, sociales, científicos, etc.
- El alumnado reflexiona sobre esos contenidos emitiendo además uno o varios mensajes en su producción, generalmente emotivos, que además invitan a pensar a otros adolescentes.

**“Nuestro objetivo consiste en mostrar un fragmento de la realidad cotidiana que viven los adolescentes.”**

Nos planteamos tres tipos de objetivos:

- **Objetivos técnicos:**
  - a) Conocer el lenguaje cinematográfico.
  - a) Aprender a elaborar un guion cinematográfico.
  - a) Ser capaces de interpretar un papel y de expresarse ante la cámara.
  - a) Planificar y grabar escenas.
  - a) Conocer y utilizar herramientas de edición digital, de imagen y de sonido.
- **Objetivos relacionados con la experiencia educativa y creativa:**
  - a) Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.
  - a) Descubrir la propia creatividad en múltiples facetas.
  - a) Mejorar el respeto y la empatía.
  - a) Procurar un mayor grado de equilibrio emocional y seguridad personal.
  - a) Valorar la importancia de la Ciencia y la Tecnología no solo en la sociedad actual sino también en la comprensión del ser humano.
  - a) Valorar la importancia de la comunicación audiovisual.
- **Objetivos saludables y científicos:**
  - a) Mejorar la autoestima y las fortalezas personales.
  - a) Favorecer el incremento de las capacidades de cooperación y habilidades sociales, estimulando la participación y la convivencia.
  - a) Promover el encuentro, la convivencia y las buenas relaciones entre el alumnado, favoreciendo la empatía y valorando la tolerancia y la solidaridad.
  - a) Favorecer la equidad y la inclusión de la diversi-



dad, rechazando los comportamientos sexistas y los estereotipos que supongan cualquier tipo de discriminación.

- a) Reflexionar sobre determinados consumos que ocasionan dependencia (Tabaco, alcohol, cannabis).
- a) Conocer y valorar la educación medioambiental, científica y tecnológica.
- a) Favorecer un buen uso de la tecnología y las pantallas. Pantallas sanas.







Formación en el uso de cámaras.

Imágenes cedidas por el autor.

La metodología seguida para hacer un corto, podemos resumirla así:

1. Planteamiento del tema de trabajo en el aula.
2. Sesiones de formación en lenguaje cinematográfico y uso de cámara.
3. Lluvia de ideas realizada por el alumnado para elaborar una historia. Los profesores colaboramos para que vayan descartando lo que no es válido y finalmente se llegue a una historia original consensuada.
4. Elaboración de un guion literario.
5. Elaboración de un guion de grabación (técnico) que recoja lo aprendido sobre lenguaje cinematográfico.
6. Casting para buscar actores y actrices y también para buscar directores. Es interesante que cada alumno o alumna asuma distintos roles a lo largo de la producción.
7. Reparto de roles.
8. Planificación de las sesiones de grabación.
9. Grabación de la película (exige una gran labor de equipo).

“Hemos descubierto, de forma progresiva, una serie de pautas que nos han permitido organizar los objetivos y construir un itinerario para la realización de cortometrajes con el alumnado.”

10. Edición digital.
11. Creación de música original si es posible.
12. Postproducción.
13. Estreno en el centro educativo.
14. Inscripción en Festivales escolares y difusión a través de las redes.



B

ESC. 4 ESTUDIO DE TV / INT./DÍA

LOCUTOR:  
EN EL PROCESO DE CONSEGUIR UNA BIOSFERA MARGIANA ¿QUE PROBLEMAS HUBO?

PROFESOR:  
SABÍAMOS QUE EN MARTE HUBO VIDA HACE 3500 MILLONES DE AÑOS. LOS RESTOS FÓSILES ASÍ LO CONFIRMAN, PERO CUANDO EMPEZAMOS MARTE ESTABA MUERTO CON UNA ATMÓSFERA TENUE DE CO<sub>2</sub> Y UNA TEMPERATURA MUY BAJA. (LO MISMO QUE DESTRUJA LA TIERRA. AQUÍ PODÍA BENEFICIARNOS) NECESITÁBAMOS AUMENTAR LA TEMPERATURA. PARA ELLO, SE CONSTRUYERON GRANDES FÁBRICAS DE GASES CON EFECTO INVERNADERO. SE TOMARON DECISIONES TAN EXTREMAS COMO ERRAR HASTA AQUÍ ASTEROIDES DE HIELO. Y LO MÁS DIFÍCIL, HACER QUE POROS SE PRECIPITARA CERCA DEL VALLE MARINERIS.

LOCUTOR:  
¿TODO ELLO DIÓ RESULTADO?

PROFESOR:  
EN PARTE. SE AUMENTÓ LA TEMPERATURA Y LA PRESIÓN Y TENEMOS AGUA EN DETERMINADAS ZONAS DEL NORTE Y DEL SUR. CONSEGUIMOS ADAPTAR ESPECIES VEGETALES A LAS CONDICIONES MARGINALES Y LA FOTOSÍNTESIS FUE UNA REALIDAD A PARTIR DE 2020... PERO AÚN NOS FALTA MUCHO.

ESC. 7 SALA DE CONTROL / INT./DÍA Y CAJÓN DE MA'ADIM EXT./DÍA

INGENIERA JEFE (Impasible y energética)  
-¿NO TENEMOS TODO EL TIEMPO DEL MUNDO, JODER!

ORDO  
-¿Y NIKA YA HAN LLEGADO A 350 DELTA

Los biólogos suben a las lomas y observan la vegetación estropeada desde lo alto. Miran arriba y ven un asteroide que cae.

T.J. (señalando)  
-ALLÁ VA OTRO ASTEROIDE DE HIELO PARA MARINERIS. LOS DE ARES 1 SON ASÍ DE BRUTOS. NOSOTROS SOMOS MÁS DELICADOS.

NIKA  
-¡VAMOS, DEPRESA.

Más tarde, caminan por un terreno rojizo y sin vegetación.

T.J.  
-¿POR QUÉ TE GUSTA VENIR AQUÍ SI NO HAY NADA?

NIKA  
-¡PARA MANTENER LA TENSIÓN, ¡EY YYY! ¡MIRA!

T.J.  
-¡ATENCIÓN, ARES 7, ATENCIÓN, AQUÍ T.J. HAY AGUA. LA ACIDIEZ ES EXTREMA, PERO POR FIN TENEMOS AGUA EN 351.7!

Cedida de triunfo alzando los brazos.!

DÍA 21 DIC 2015  
GRABACIÓN HORA: 13:30

Escena	Orden de grabación	Plano	Descripción	Diálogos	Detalles técnicos
	5	26 PG	Las clases han terminado. Es última hora y todos se despiden unos de otros.		Tripode
	1	27 PM	La pareja sale junta. El chico la mira a punto de rebotarla.	CHICO: ¿QUE CONAZO DE DÍA. LO PEOR, QUÍMICA. CHICA: ¿QUÉ DICES A MÍ ME ENCANTA. LO QUE PASA ES QUE SOLO TE PREOCUPAS DE APROBAR LOS EXÁMENES Y PASAS DE TODO. LO DEMÁS...	Estabilizador de cámara para seguir a los protagonistas andando.
	2	28 PG	La amiga se les une, sorprendiéndoles por detrás, los abraza, rompiendo la tensión entre ellos.	AMIGA: ¡VENGA CHICOS, NO DISCUTAIS QUE HOY EMPIEZA EL FINDE. ¿HABÉIS HECHO PLANES?	Estabilizador de cámara
ESC. 3 CALLE / EXT. / DÍA	3	29 PM-L	El chico va a contestar pero un amigo le interrumpe. Pasan más alumnos de camino a sus casas. (Llevar mochilas vacías)	AMIGO: ¡EY! EL SÁBADO TIENES LA FINAL DEL FÚTBOL, ¿NO? MUCHA SUERTE. _____ (insertar nombre del protagonista) A POR TODAS. CHICO: ESTÁ ASEGURADA (hace gesto de victoria) SOBRE TODO. SI MI CHICA ESTÁ ALLÍ PARA ANIMARME. AMIGA: (tomando el brazo del chico) NOS VAMOS. HASTA EL LUNES TORTOLITOS.	Tripode
	4	30 PP	Discusión.	CHICA: ¿Y ESA CARA? ¿TE PASA ALGO? CHICO: ¿QUÉEE? VAMOS NO ME JODAS. ¿QUÉ EXCUSAME VAS A PONER HOY? CHICA: LE PROMETÍ A MI HERMANA QUE IRÍA CON ELLA Y UN GRUPO DE VOLUNTARIOS A LIMPIAR LAS RIBERAS DEL RÍO...	Tripode. (Posibles dos cámaras). Plano y Contraplan



D



E

A: Iluvia de ideas y elaboración de guión (Reactivo Limitante 2016).  
B: página de un guión literario (Lágrimas de Marte 2008).  
C: página de un guión técnico o de grabación (Reactivo limitante 2016).  
D: edición del corto.  
E: la joven Alma Olite (ahora una famosa violinista) en una sesión de grabación musical para un corto.





Aprender del alumnado ayuda a que expresen su creatividad (arriba) y proceso de rotoscopia y edición del corto igual que tú (abajo).



Imágenes cedidas por el autor.

Los cinco primeros apartados se pueden realizar en un trimestre, en una o dos sesiones semanales. Sin embargo, el resto de la producción se puede realizar en dos meses. El profesorado, al final de cada producción, elabora una guía didáctica para el visionado del corto en el aula en otros grupos y otros centros. Permanece disponible en la página web del proyecto.

A lo largo de los años, el tipo y formato de estos trabajos audiovisuales ha sido muy amplio, incluyendo el corto de animación, el videoclip musical y el spot con mensajes saludables y educativos.

Los coordinadores intentamos con cada trabajo:

#### Lo primero: el guion

La elaboración del guion es la parte del proyecto que requiere mayor dedicación. No sirve cualquier idea. Estas son resumidas algunas pautas para construir una historia que se pueda convertir en guion:

- **Orientar las ideas e inquietudes del alumnado** al elaborar la historia: generalmente buscamos finales esperanzadores y positivos.
- **'Exprimir' la lluvia de ideas.** Todos tienen algo que decir y hay que conseguir que lo digan y, a ser posible, lo expresen.
- **Grabar fuera del aula.** Los exteriores se lucen más.
- **Planificarlo todo para poder improvisar** después.
- **Conocer al alumnado.** Aprender de ellos ayuda a que expresen su creatividad.
- **Provocar emociones:** Tanto en el desarrollo como en el resultado. Qué sería del cine si no provocara emociones...
- **Equilibrar esfuerzo y resultado.** Con un esfuerzo bien orientado, los resultados son mejores. No hacemos superproducciones, pero sí pequeños cortometrajes en los que todos (profesores y alumnado) ponen todo su esfuerzo y saber hacer.

- Que se pueda filmar.
- Que sea breve.
- Que no tenga complejidad narrativa.
- Que interese, sorprenda.
- Que se relacione con el tema elegido (medio ambiente, sexualidad, convivencia, la importancia de la ciencia, etc.) y lleve a una reflexión sobre el mismo.
- Que no tenga demasiados personajes.

#### ALGUNOS DE ESTOS TRABAJOS

Sería muy extenso describir todos y cada uno de los más de 40 cortometrajes de Servetus Studio® así que nos vamos a centrar en aquellos que nos parecen no solo representativos de la temática trabajada, sino que además han tenido un amplio reconocimiento



TEMA	TÍTULO	NIVEL	SINOPSIS	ENLACE
Prevención de drogas-dependencias	<b>Tríptico (2010)</b>	ESO DIV	Tres historias sobre consumos en adolescentes: sólido (cannabis), líquido (alcohol), gaseoso (tabaco).	<a href="https://youtu.be/4gn5Y1FquAU">https://youtu.be/4gn5Y1FquAU</a>
Sexualidad	<b>Control de riesgos (2007)</b>	ESO DIV	Spot sobre el uso del preservativo con una demostración espectacular de parkour.	<a href="https://youtu.be/4VUzbkNYd7A">https://youtu.be/4VUzbkNYd7A</a>
	<b>En el aire (2012)</b>	ESO DIV	Un consultorio sexual online entre jóvenes y para jóvenes con un final feliz inesperado.	<a href="https://youtu.be/q5i9XS6VT-M">https://youtu.be/q5i9XS6VT-M</a>
	<b>Espejos y pétalos (2019)</b>	BACH.	Una pareja de adolescentes decide tener relaciones sexuales por primera vez y deberán superar una serie de obstáculos entre ellos y también consigo mismos.	<a href="https://youtu.be/J-FCbdaHhWQ">https://youtu.be/J-FCbdaHhWQ</a>
Igualdad	<b>Más que muñecas (2011)</b>	ESO DIV	Unas marionetas dialogan sobre relaciones de pareja en igualdad, mostrando (con un uso creativo del chroma key) diversos ejemplos. Prevención de violencia de género en adolescentes.	<a href="https://youtu.be/L3BWTc9stYs">https://youtu.be/L3BWTc9stYs</a>
	<b>Igual que tú (2009)</b>	ESO DIV	Videoclip musical de animación por rotoscopia que pretende educar en igualdad sobre el reparto de tareas domésticas.	<a href="https://youtu.be/GNqx444GPCQ">https://youtu.be/GNqx444GPCQ</a>
Diversidad e integración	<b>Buenos días (2012)</b>	ESO DIV	Una alumna china nos cuenta las experiencias tristes y alegres de su primer día de clase en un instituto español.	<a href="https://youtu.be/FIDpdL_KxyU">https://youtu.be/FIDpdL_KxyU</a>
	<b>No somos fantasmas (2022)</b>	ESO	Un grupo de alumnos del aula TEA (trastorno del espectro autista) nos muestra cómo pueden mejorar los espacios de aprendizaje para estar más seguros y evitar la invisibilidad social.	<a href="https://youtu.be/ScEytZlxnzc">https://youtu.be/ScEytZlxnzc</a>
Medio ambiente y desarrollo sostenible	<b>Lágrimas de Marte (2008)</b>	ESO DIV	Unos colonos marcianos del siglo XXIV están terraformando Marte y descubren, a partir de un trabajo escolar del siglo XXI, lo que se perdió en la Tierra a causa del cambio climático.	<a href="https://youtu.be/oneCimEt08o">https://youtu.be/oneCimEt08o</a>
	<b>Reactivo limitante (2016)</b>	BACH.	Una pareja de jóvenes, aparentemente enamorados, tienen actitudes diferentes sobre el cuidado del medio ambiente. Enfrentarán compromiso e indiferencia hasta tomar una decisión vital.	<a href="https://youtu.be/WFFYepKjAkG">https://youtu.be/WFFYepKjAkG</a>
	<b>Eco Haikus (2019)</b>	ESO	Un grupo de alumnos y alumnas compone y dramatiza una serie de Haikus sobre el cuidado del medio ambiente.	<a href="https://youtu.be/yLSaYjH2krU">https://youtu.be/yLSaYjH2krU</a>
Documentales técnicos y/o científicos	<b>Cómo hacer un cortometraje y no morir en el intento (2014)</b>	ESO DIV	Los chicos y chicas de Servetus Studio, a través de imágenes y comentarios, nos guían por las diferentes etapas creativas de la realización de un corto. Su proyecto va más allá de lo meramente académico.	<a href="https://youtu.be/CGGblMwrbCw">https://youtu.be/CGGblMwrbCw</a>
	<b>Avempace Cristal 2016</b>	BACH	Alumnado de 1º de bachillerato describe de forma emotiva su proyecto de cristalización en el aula.	<a href="https://youtu.be/OIMiBNHFGMY">https://youtu.be/OIMiBNHFGMY</a>
	<b>Avempace Cristal 2019</b>	ESO	Alumnado de 4º de ESO muestra y comenta detalladamente su proyecto de cristalización de ADP.	<a href="https://youtu.be/d8opD7UQ0t4">https://youtu.be/d8opD7UQ0t4</a>
	<b>Cómo se hizo "Lágrimas de Marte" (2008)</b>	ESO DIV	Profesorado y alumnado realizador del corto relatan su experiencia sobre esta historia de ciencia ficción y desarrollo sostenible.	<a href="https://youtu.be/vgVJtepJqAM">https://youtu.be/vgVJtepJqAM</a>

en distintos certámenes y festivales de cine escolar. (Certamen de Cine y Salud del Gobierno de Aragón, Concurso de Cristalización en la escuela de Aragón, Encuentro Audiovisual de Jóvenes, Cinema Jove de Valencia, Festival de Cine de Zaragoza, International Youth Film Festival de Plasencia, Media Literacy Awards de Viena, Festival de Cine de la Almunia, Festival Timeline de Carate Brianza, Italia, Organización

Panamericana de Salud (OPS). Premio internacional PLURAL+ 2012 IUDESP Award, de la Alianza de Civilizaciones - New York (Estados Unidos). The Next Film Festival de Odense en Dinamarca...).

El resto de producción se puede visualizar en la web: <http://servetusstudio.blogspot.com/> (también se pueden descargar las guías didácticas para su visionado en el aula).

### PARA TERMINAR: ALGUNOS TESTIMONIOS DEL ALUMNADO

«Hay experiencias en la vida que nunca olvidas, y esta es una de ellas.» Alma (*Más que muñecas*).

«Hacer este cortometraje ha sido genial, he sentido una gran satisfacción al ver el resultado, aunque en el proceso no siempre se pasa bien. Además, he aprendido muchas cosas, entre ellas a perder la vergüenza y a controlar el pánico escénico.» Eva (*En el aire*).

«¿Quién puede creer que hace dos años casi me abandoné a mí misma! Sin embargo, este año he vencido mis inseguridades y temores.» Zhan Wen (*Buenos días*).

«Ha sido una buena experiencia porque hemos creado algo todos juntos, en equipo, y es algo muy nuestro.» Lucía (*Espejos y pétalos*).

«Sinceramente, en nosotros algo ha cristalizado. Es una experiencia que no tiene precio...» Rosa (*Avempace Cristal 2016*).

Ignacio Cólera y Carlos Moreno  
Red de la Experiencia  
Gobierno de Aragón  
Coordinadores del proyecto Servetus Studio®

### BIBLIOGRAFÍA

- Almau, A. (2009). El corto de los chicos de Diversificación. *Cuadernos de Pedagogía*, N° 395 (Noviembre 2009), pp. 16-21.
- Cólera, I., Moreno, C. (2012). Cine y Salud. Buenos días. Imágenes para miradas solidarias. *Comunidad*, 14(2), pp. 172.173. <https://comunidad.semfyec.es/cine-y-salud-buenos-dias-imagenes-para-miradas-solidarias>
- Cólera, I. (2017). Servetus Studio: la producción escolar de cortometrajes saludables. *Forum Aragón*, 20, pp. 36-40. <http://feae.eu/2154-2>

### ENLACES Y CONTACTO:

- <http://servetusstudio.blogspot.com>
- <https://www.facebook.com/servetusstudio>
- <https://twitter.com/servetustv>
- [servetustv@gmail.com](mailto:servetustv@gmail.com)



Grabación en 2006 (arriba) y un descanso entre toma y toma (abajo).

Imágenes cedidas por el autor.



PUBLICACIONES  
DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS

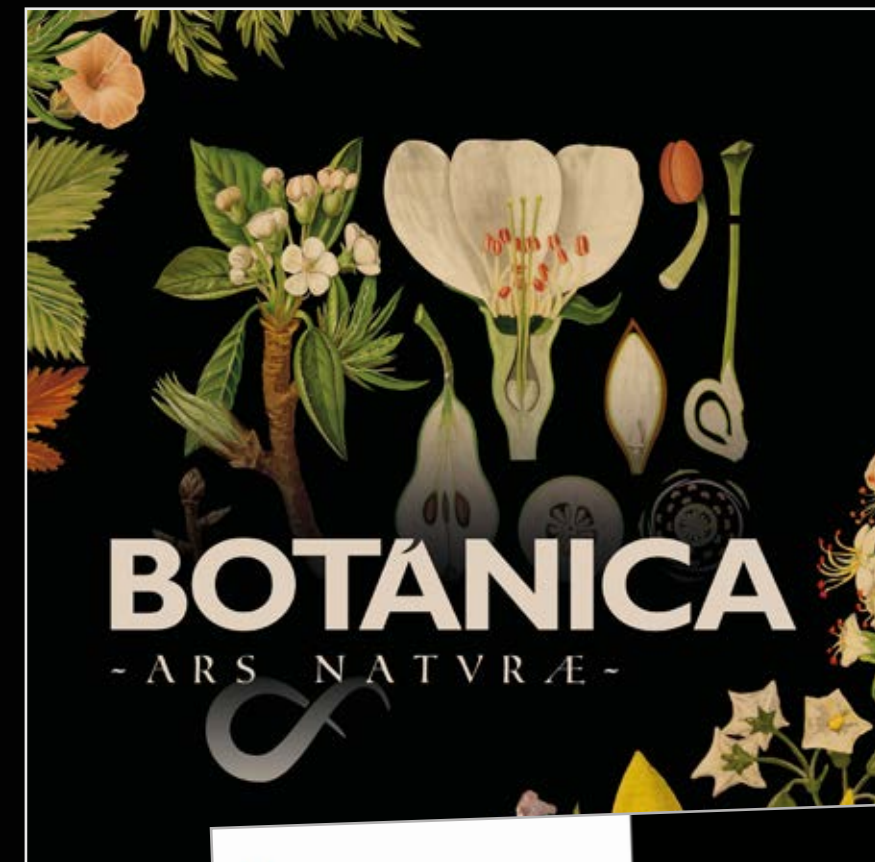


**INSTRUMENTA**

Depositorio de instrumentos históricos  
laboratorio de la Facultad de Ciencias,  
Universidad de Zaragoza.



**LOS ÁRBOLES DEL CAMPUS**



**BOTÁNICA**  
- ARS NATVRÆ -



Descárgalas gratis



INSTRUMENTA

[https://ciencias.unizar.es/sites/ciencias/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion\\_social/instrumenta.pdf](https://ciencias.unizar.es/sites/ciencias/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion_social/instrumenta.pdf)

LOS ÁRBOLES DEL CAMPUS

[https://ciencias.unizar.es/sites/ciencias/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion\\_social/los\\_arboles\\_del\\_campus.pdf](https://ciencias.unizar.es/sites/ciencias/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion_social/los_arboles_del_campus.pdf)

BOTÁNICA ARS NATVRÆ

[https://ciencias.unizar.es/sites/ciencias/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion\\_social/botanica\\_ars\\_naturae.pdf](https://ciencias.unizar.es/sites/ciencias/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion_social/botanica_ars_naturae.pdf)



Zentrum für Interdisziplinäre  
Forschung de Bielefeld  
(NRW, Alemania)

Imagen histórica del ZiF.

José Gracia Bondía

Institutos de estudios  
avanzados ligados a  
universidades:  
las oportunidades y  
las trampas





V. Mette

Los Institutos de Estudios Avanzados son en cierto sentido entes antiguos. Se podría decir que el Collège de France fundado por Francisco I es el más veterano. El Institute for Advanced Study (IAS) de Princeton, manufactura y refugio de más premios Nobel, medallistas Field y laureados Abel que ningún otro establecimiento del saber, será centenario cuando el Collège sea semi-milenario — al final del actual decenio.

Sin embargo, los Institutos de Estudios Avanzados *basados en universidades* (UBIAS) constituyen un fenómeno mucho más reciente. Demostrablemente, el más antiguo es el Zentrum für Interdisziplinäre Forschung (*Centro para Investigación Interdisciplinar*, ZIF en adelante), cuya existencia sobre todo se debe a la previsión del visionario sociólogo alemán Helmut Schelsky.

El mero nombre del ZIF alude a la estructura típica de las universidades en *silos* o almacenes del saber ligados a campos del saber, definidos y/o delimitados con mayor o menor justificación. Por supuesto, la calidad de

las universidades influye en su estructura y viceversa: las mejores tejen más o menos deliberadamente una red de influencia cognitiva que afecta a la calidad del conjunto. Importa empero subrayar aquí que el funcionamiento habitual de las universidades es antitético al desarrollo de los UBIAS.

Para Schelsky estaba diáfano que un UBIAS sería siempre en cierta medida antitético a la casa de enseñanza que lo alberga (si esto era cierto en la universidad tradicional, no lo es menos en muchas de las actuales, más orientadas a la adquisición de “destrezas” que al avance del conocimiento), por al menos dos tipos de razones. A unas hace alusión la propia denominación del ZIF. A saber, los *silos* a que nos referimos arriba tienden a aferrarse a sus métodos y asuntos de interés propios, de modo que resultan antitéticos a la cooperación entre disciplinas — y a la metodología general de los estudios avanzados. El otro tipo de razones concierne la persistencia en el corazón de las universidades de sentinas organizativas si cabe más antitéticas a la inter-(multi-, trans-) disciplinariedad a que nos referimos. A saber, la propia estructura de comando y reparto de las cuotas de poder en el seno de la academia y sus claustros tiende a resultar opuesta al cultivo de los estudios avanzados.

Por otro lado, es innegable que, dada la complejidad de los problemas actuales, tanto en el terreno del conocimiento básico como de esferas de aplicación, el fomento de la interdisciplinariedad aparece como una estrategia racional para los claustros.

Encargado por el *Land* de Renania–Westfalia de crear en Bielefeld una universidad de nuevo cuño, Helmut Schelsky de modo singularmente previsor creó el UBIAS ligado a la Uni-Bielefeld (1968) *antes* de que esta última abriera sus puertas (1969). Dotándolo de infraestructura física, presupuesto (periódicamente negociable, desde luego) y administración propios. Y de un Consejo en que predominan académicos pertenecientes a otras instituciones del saber. Con los naturales debates, sobre asuntos presupuestarios u organizativos, el binomio Uni-Bielefeld–ZIF ha funcionado armoniosamente por más de medio siglo.

Quien esto escribe desea señalar que casi todo lo que ha podido aprender sobre la metodología, deontología y ética en el terreno de participar o impulsar estudios avanzados lo ha aprendido a los pechos del ZIF, en numerosas estancias y visitas (incluyendo las conmemoraciones de los cincuentenarios) desde 1987.

Entrada (izquierda) y vestíbulo del ZIF (derecha).



P. Ottendörfer



De modo tan extraño como decepcionante, al conocimiento de quien esto escribe en España existiría un solo UBIAS digno de ese nombre. Este artículo desea, además de dar cuenta del fenómeno, ilustrar entre otras cosas, vía un ejemplo latinoamericano reciente e hiriente – el de la Universidad de Costa Rica (UCR) – formas típicas en que los UBIAS pueden fracasar y/o ser liquidados o desnaturalizados.

#### QUÉ HACEN LOS UBIAS

Las dos actividades más típicas de los UBIAS son el desarrollo de colaboraciones interdisciplinarias en investigación y el intercambio de “fellows” (investigadores becados). Hago notar que la infraestructura y el *modus operandi* del ZIF ayudan a que ambos aspectos constituyan fases de un mismo proceso. Una vez aprobado, un proyecto se desarrolla *in situ* en periodos relativamente cortos (no llegando al año en general), con participación de fellows - que en su mayoría permanecen durante todo el periodo - y con el desarrollo de talleres, conferencias y presentaciones públicas.

“El UBIAS denominado UCREA asociado a la Universidad de Costa Rica (UCR) fue fundado hace ocho años por su Rector Henning Jensen.”

**A: Auditorio de la Ciudad de la Investigación de la UCR. Con “Robles de Sabana” floreados.**

**B: Fachada del Edificio de Informática de la UCR.**

**C: Estatua de Rodrigo Facio, Benemérito de la Patria, que da nombre al campus central de la UCR’. En la placa se lee: “Libre es pues, la Universidad de Costa Rica, abierta a todas las tendencias, receptiva de todas las inquietudes filosóficas, científicas o sociales, respetuosa de todas las ideas”.**



Ahora bien, con su expansión geográfica sobre el globo, la variedad de actividades en los UBIAS modernos cubre un amplio espectro:

- A. Algunos se dedican casi exclusivamente al intercambio de fellows.
- B. Otros se concentran en promover investigaciones auténticamente interdisciplinarias.
- C. Un tercer tipo de modalidad consiste en concentrarse en estudiar y remediar las debilidades de la casa de estudios que los alberga.

Esta división esquemática evidentemente no puede hacer justicia a lo que hoy en día es un fenómeno mundial. Para una visión panorámica, recomendamos el informe<sup>1</sup> de Britta Padberg, ex-directora ejecutiva del ZIF, quien actualmente trabaja en la Academy of International Affairs de Renania–Westfalia (AIA-NRW).

El riesgo común a todas las modalidades coincide con su fortaleza: la dependencia de la Universidad que lo sostiene. Salvo que el UBIAS tenga raíces verdaderamente profundas, lo que una Administración





“Los riesgos mayores para los UBIAS se concentran en convertirse en “agencias de viajes” sofisticadas y/o meros albergues para reuniones.”

interdisciplinarios que demandan consideración y financiamiento. En ese aspecto, una de las fortalezas de un UBIAS que, por lo que se refiere a mantener una amplia base de expertos anónimos de calidad *haya hecho los deberes*, es la capacidad de rápidamente reaccionar a retos que solo se puedan abordar de modo interdisciplinario. Un “experimento real” al respecto fue proporcionado por el estallido de la pandemia COVID, que permitió financiar (en plazos récord inasequibles a las estructuras heredadas) proyectos de gran interés, desde el punto de vista asistencial como de relieve científico intrínseco.

Más precisamente, hay dos tipos de proyectos de investigación predatorios, bien conocidos y tipificados en la literatura, con los que UCREA debió enfrentarse:

- a. El ardid de los proyectos adecuadamente denominados “hunter”<sup>2</sup>, en los que un grupo de investigadores con diferentes intereses, conocedores de la existencia de fondos para estudios interdisciplinarios, *pretenden tener* un objeto material de investigación común, cuya ausencia con frecuencia se intenta disfrazar mediante formulaciones engañosas en la selección de rótulos clave.



**Fuente del Cupido y el Cisne, icono de la UCR, en frente la Biblioteca Carlos Monge Alfaro. La fuente estuvo en la capital desde 1868, luego pasó a ser parte de la universidad. Pertenece al Patrimonio histórico y artístico de la nación.**

**Facultad de Educación (1958) y los pinos que lo rodean, cubiertos de epifitas.**



universitaria promueva puede ser deshecho o desfigurado por la siguiente. Dentro de ello, hay riesgos específicos con los que los UBIAS deben tratar cotidianamente, por así decirlo.

Con respecto a A), los riesgos mayores para los UBIAS se concentran en convertirse en “agencias de viajes” sofisticadas y/o meros albergues para reuniones. Es por supuesto indudable que el intercambio de académicos potencialmente produce aprendizajes y sinergias de largo alcance; los ejemplos históricos sobran. Sin embargo, que la existencia de un programa de fellows sea la única condición *sine qua non* para la pertenencia al club mundial de los UBIAS es más bien preocupante en opinión de quien suscribe.

Con respecto a B), quien escribe aquí tiene alguna experiencia. El UBIAS denominado UCREA asociado a la Universidad de Costa Rica (UCR) fue fundado hace ocho años por su Rector Henning Jensen, a instancias nuestra y del Prof. Dr. Werner Mackenbach. Esta fundación fue precedida de discusiones que sentaron los pilares fundamentales de un UBIAS:

1. Compromiso con la investigación interdisciplinaria de punta.
2. Autonomía y autogobierno.
3. Vocación de constituirse en un espacio libre de intercambio entre académicos y académicas más allá de las fronteras entre los silos al servicio de proyectos meritorios y relevantes, a salvo de interferencias por la administración universitaria durante periodos definidos.
4. Servir de puente entre la Academia y la sociedad civil en sus objetivos y, eventualmente, en su financiamiento. De ahí el diseño constituyente de establecer un Consejo Asesor, compuesto por representantes de la sociedad civil.

Aclaro que, contradiciendo sin duda la mejor práctica, el firmante mantuvo algún papel en UCREA hasta su dimisión, presentada el 30 de septiembre del 2021. Los escollos principales para la variante B) de los UBIAS tienen naturalmente que ver con la naturaleza de los proyectos



- b. Proyectos en que la presencia formal de investigadores principales de nivel respetable pretende ocultar que el trabajo se encarga a personas sin capacidad demostrada. La artimaña conlleva que estas últimas nunca aparecen en el necesario intercambio de información, típicamente usurpado por funcionarios de (relativo) alto rango empero carentes de relación con la investigación.

Con respecto a las trampas que acechan la modalidad C) que ha tenido cierto recorrido en Latinoamérica, considero que no disponemos de suficiente experiencia. El conocimiento de casos que poseo, por ahora escaso, arroja un balance más bien positivo.

#### A PROPÓSITO DE LA DESAPARICIÓN DE UCREA—UCR COMO UBIAS

Para concluir, resumimos a título ilustrativo ejemplar la destrucción de UCREA al cómo estuvo funcionando útilmente hasta 2021.

Conviene primero abrir un paréntesis sobre un tipo de *silos* característico de la mentada universidad que, sin guardar relación directa con su UBIAS, ilustra nefastas rigideces en su funcionamiento. A saber, desde hace varias generaciones invierte año tras año un presupuesto considerable en enviar doctorandos al exterior, *con plaza fija garantizada en caso de graduarse*.

A ojos familiarizados con las prácticas internacionales, son chocantes la escasez de doctorandos *propios* y la falta de programas pos-doctorales (gracias a los esfuerzos del firmante y algunas otras personas existe ahora un remedo de estos últimos). Es incontrovertible que el trabajo masivo que sostiene las investigaciones de punta modernas es llevado a cabo por personas relativamente jóvenes, en los últimos estadios de su doctorado o durante estadios pos-doctorales subsiguientes.

Para que la investigación universitaria prospere no basta la seguridad contractual. Rol esencial de un investigador es *mantener la cadena de la ciencia*, formando a otros. Un investigador que no puede dirigir tesis doctorales ni reunir pos-doctorandos está maniatado en su propia ruta de progreso hacia grandes ideas y proyectos. A menudo hallamos en la UCR largas brechas entre el momento de regreso de una persona con su doctorado y plaza en propiedad y aquel en que se reconecta a la producción científica mundial (en el 60% de los casos, la brecha es infinita). La soledad de la persona doctorada

Fachada lateral del edificio de Estudios Generales (1957), que muestra un mural con el girasol, símbolo de la Institución (“*lucem aspicio*”).



al regresar a su patria a sufrir la penuria de alumnos y colaboradores es determinante. El procedimiento tiene rasgos de Sísifo: no importa cuántas generaciones de doctorandos se haya patrocinado, siempre se está en el punto de partida. Los Centros de Investigación más fuertes de la UCR han desarrollado contra-medidas contra ello. Pero la ineficiencia e inequidad de este caro sistema aún no se entienden a cabalidad.

Hay un riesgo latente y general para cualquier UBIAS, que es su dependencia del carácter del Gobierno universitario con los que ha de convivir. Un caso “de libro” lo constituyen las peripecias en yo-yo del UBIAS de la Universidad de São Paulo en Campinas (UNICAMP), la cual no debe confundirse con la Universidad de São Paulo (USP). Ambas figuran entre las mejores de Iberoamérica, siendo la USP incluso más prestigiosa. Como en el caso de la UCR, el UBIAS asociado a la UNICAMP se creó sin coraza constitucional suficiente, con excesiva dependencia de la comprensión del rector de turno sobre su funcionamiento. Cada vez que una administración con características impositivas de control políticamente motivadas llegó al poder, el UBIAS-UNICAMP correspondiente desapareció *de iure* o *de facto*, para reaparecer como el Guadiana bajo Administraciones esclarecidas (ahora mismo la situación es favorable).

El rasgo definitorio de un UBIAS digno de ese nombre, desde Schelsky hasta el presente, es la *autonomía*, comprendida en toda su extensión en lo académico como en lo administrativo, pudiendo recrearse dentro de sus parámetros fundacionales libremente en beneficio de la sociedad a la que sirve, de la mano de nuevos marcos epistemológicos. Permítaseme resumir aquí el mensaje esencial: ningún UBIAS puede hacer su trabajo si está sometido a injerencias políticas.

La liquidación de UCREA como auténtico UBIAS es ilustrativa. Inasequible al diálogo, una nueva administración dejó claro desde un inicio que no iba a tolerar ninguna forma de autonomía, se inmiscuyó en decisiones que no le correspondían y forzó a dimitir o canceló a la totalidad de los miembros del Consejo Académico precedente, que ostentaba paridad de género, equilibrio de áreas y mayoría de académicos externos afiliados a prestigiosas universidades y/o academias científicas<sup>3</sup>. Tras siete meses de posterior silencio administrativo, formalmente ahora UCREA fue redefinido como una sub-oficina de la Vicerrectoría de Investigación (atroz *silos* donde los haya) de la UCR, siendo suprimido el Consejo Asesor y rebajados los requisitos de excelencia. A falta de méritos, el ente quedó reducido a anunciar como propios los proyectos llevados a cabo o comenzados bajo el antecesor Consejo.

Dedico este artículo a tres personas claves que me animaron a la aventura de inventar UCREA: Prof. Dr. Philippe Blanchard, Dra. María Salvadora Ortiz y Dra. Britta Padberg.

José Gracia Bondía  
Dpto. Física Teórica  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza

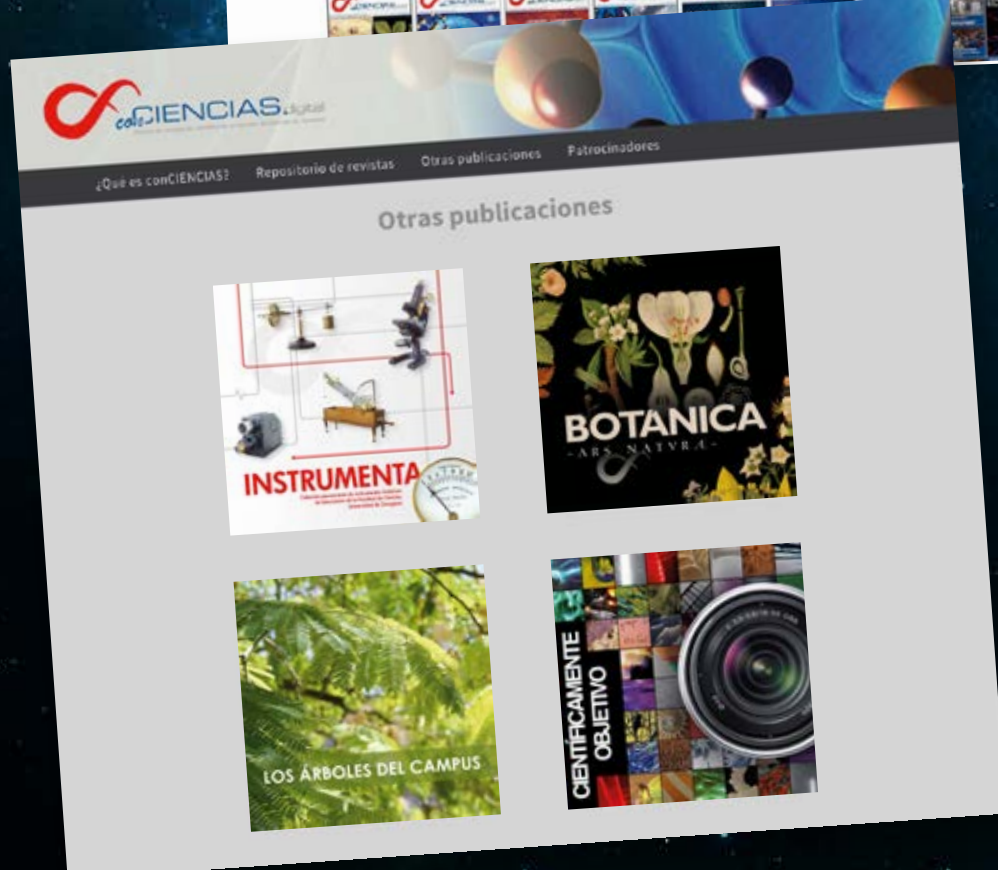
#### REFERENCIAS

1. Britta Padberg, *Sociologica* 14 (2020), 119–161.
2. Peter Weingart y Britta Padberg, eds., “University experiments in inter-disciplinarity”, transcript Verlag, Bielefeld, 2014.
3. Ver <https://semanariouniversidad.com/opinion/ucrea-a-seis-anos-de-su-fundacion-una-mirada-hacia-el-futuro/>

“Rol esencial de un investigador es *mantener la cadena de la ciencia*, formando a otros.”



¡¡15 años divulgando la Ciencia!!



divulgacionciencias.unizar.es



**SEMANA DE INMERSIÓN EN CIENCIAS 2022:  
AYUDANDO A ELEGIR UNA CARRERA CIENTÍFICA**

La semana del 13 al 17 de Junio, la Facultad de Ciencias acogió una nueva edición de la Semana de Inmersión en Ciencias, con 127 estudiantes de 4º de ESO y 1º de bachillerato repartidos en las distintas secciones que se ofertan (Biotecnología, Física/Óptica, Geología, Matemáticas y Química). Estos alumnos fueron seleccionados entre más de 230 solicitudes procedentes de 46 centros de secundaria y bachillerato de las tres provincias aragonesas. La jornada de bienvenida se desarrolló en el Salón de actos del edificio C de la Facultad (Geología).

Durante esta semana, los estudiantes conocieron de cerca las instalaciones de la Facultad y realizaron diferentes actividades en sus seminarios y laboratorios. Estas actividades están coordinadas por 21 profesores e investigadores y tuteladas por 154 personas entre profesores, investigadores y personal de los servicios

de apoyo a la investigación (SAIs) de nuestro centro y de los institutos de investigación relacionados (ISQCH, ICMA, CIBA, IUMA, IUCA, INA, EINA).

La oferta de actividades que proponen las distintas secciones es muy amplia, con el objetivo de que los estudiantes conozcan directamente el trabajo que los científicos realizan en el día a día y que se familiaricen con la investigación que se realiza en la Facultad.

- En la sección de Física se trataron temas como los nuevos materiales, partículas elementales e interacciones fundamentales, rayos cósmicos, distancias en el Universo, líquidos criogénicos, técnicas de holografía, fibras y guías ópticas, instrumentación en laboratorios de salud visual, taller de ondas, estructura de la materia, o mecánica cuántica, entre otros.

- En la sección de Química los alumnos abordaron temas de actualidad como la síntesis de polímeros, química sostenible, tratamientos de aguas y de residuos peligrosos, aromas, fármacos y productos alimenticios.
- En la sección de Biotecnología se trabajaron temas de genómica, biología estructural, inmunidad o cáncer y células madre, entre otros, y visitaron las instalaciones del Centro de Investigación Biomédica de Aragón (CIBA).
- En la sección de Geología aprendieron conceptos y procesos de las rocas sedimentarias, caracterización de minerales, volcanes, así como anatomía de dentición en fósiles de vertebrados, láminas delgadas, geología aplicada a la localización de recursos y materias primas y realizaron una salida de campo donde vieron otro ejemplo práctico de geología aplicada centrado en el estudio de dolinas.
- En la sección de Matemáticas se introdujo a los alumnos en temas muy variados como modelización matemática, programación, cuadrados y raíces cuadradas, geometría, matemáticas visuales o demostraciones y juegos matemáticos.

Ana Rosa Soria, tomó la palabra para mostrar el agradecimiento y gratitud del Decanato de la Facultad a todos los profesores, investigadores y personal del SAI que participan activamente en esta semana por su apoyo, entrega, implicación y apuesta decidida por esta actividad.

En esta sesión se hizo entrega de los diplomas a los estudiantes participantes y se proyectó un vídeo con las actividades realizadas por los estudiantes en esta Semana de Inmersión. Este vídeo está disponible en el Canal de YouTube de nuestro centro, en el enlace:

[https://www.youtube.com/watch?v=Ab\\_Mwb\\_otE0](https://www.youtube.com/watch?v=Ab_Mwb_otE0)

Ana Rosa Soria  
Vicedecana de Proyección Social y Comunicación  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza

El viernes 17 de junio se celebró el acto de clausura que, presidido por el Decano de la Facultad, Luis Morellón, estuvo acompañado, en la mesa, por la Vicedecana de Ordenación Académica, Carmen Sangüesa, la Vicedecana de Calidad, Arantxa Luzón, el Vicedecano de Infraestructuras y Servicios, Santiago Franco y la Coordinadora del Grado de Biotecnología, Patricia Ferreira. En esta clausura la Vicedecana de Proyección Social y Comunicación,

“Durante esta semana, los estudiantes conocieron de cerca las instalaciones de la Facultad y realizaron diferentes actividades en sus seminarios y laboratorios.”



Foto de grupo de los participantes de la Semana de Inmersión 2022 a la salida del acto de clausura, junto con los integrantes de la mesa que presidía el Acto de Clausura y algunos organizadores de dicha semana.





## ODS 7 A 15: LOS VÍDEOS DEL CURSO 2021/22

Dentro de la campaña “La Facultad de Ciencias con los ODS”, la tercera semana que dedicamos a cada ODS se difunde un vídeo en relación a acciones que han desarrollado sobre ese ODS personas vinculadas de algún modo con nuestro centro. Estas acciones pueden ser de diversa índole: personales, de investigación, humanitarias... Desde el comienzo de curso 2021/22 y hasta febrero se han abordado los ODS 7 a 15. Los vídeos que se han realizado y que están disponibles en el canal de YouTube de la Facultad han sido:

**ODS 7. Energía asequible y no contaminante:**

Entrevistamos a **Alodia Orera** (Dpto. de Física de la Materia Condensada e investigadora del INMA) y **Santiago Franco** (Catedrático del Dpto. de Química Orgánica de la Facultad e investigador del INMA), quienes nos explican la importancia de la investigación para alcanzar este ODS, tanto para el **desarrollo de nuevos materiales con aplicaciones en el almacenamiento eficiente de la energía** como para obtener **células fotovoltaicas alternativas a las de los compuestos en silicio**:  
<https://www.youtube.com/watch?v=JN12vIQuias&t=15s>

**ODS 8. Trabajo decente y Crecimiento económico:**

Entrevistamos a **José Tomás Alcalá** (Titular del Dpto. de Métodos Estadísticos y Director de la Cátedra Ibercaja de Innovación bancaria) con quien conversamos sobre **Economía Sostenible y Estadística** y a **José Luis Simón** (Catedrático del Dpto. de Ciencias de la Tierra y principal promotor del primer Parque Geológico de España), que nos habló del **Turismo Sostenible** y las oportunidades de **crecimiento económico** que genera a escala local:  
<https://www.youtube.com/watch?v=GPNGyRWRFEQ>

**ODS 9. Industria, Innovación e Infraestructuras:**

Entrevistamos a **Álvaro Fanlo**, egresado del grado en Óptica y Optometría de la Facultad de Ciencias y miembro del equipo DIVE Medical, que nos habló de la importancia de la **innovación** para avanzar en este ODS y de cómo DIVE-MEDICAL (‘spin-off’ UNIZAR) ha desarrollado una **solución completa** para evaluar la función visual y ayudar al diagnóstico temprano de problemas visuales **combinando las tecnologías de seguimiento ocular e inteligencia artificial**:  
<https://www.youtube.com/watch?v=ASDqTpm2xy4&t=270s>

**ODS 10. Reducción de las desigualdades:**

Entrevistamos a **Salka Bachir** (egresada saharauí del Grado en Óptica y Optometría) y a **María Victoria Collados** (Coordinadora del Grado en Óptica y Optometría) sobre la importancia de la cooperación para afrontar el ODS 10 y las **acciones de cooperación** en relación a la **salud visual** que se han llevado a cabo desde el grado en Óptica y Optometría con los **campamentos saharauis**.  
<https://www.youtube.com/watch?v=Zt1i53qo2Yo>

**ODS 11. Ciudades y Comunidades Sostenibles:**

Entrevistamos a **Josefina Pérez** (Titular del Dpto. de Química Analítica e investigadora del IUCA) con quien hablamos de la **importancia de la preservación y salvaguarda de nuestro patrimonio cultural** y con **Rafael Alonso** (Catedrático de Física Aplicada en la EINA y Director de la Cátedra Ariño Duglass) con quien charlamos de la **investigación en vidrios** para recubrimientos de edificios más eficientes energéticamente:  
[https://www.youtube.com/watch?v=7swr\\_RRwSiw](https://www.youtube.com/watch?v=7swr_RRwSiw)

**ODS 12. Producción y Consumo Responsables:**

Entrevistamos a **María Luisa Garijo**, geóloga y delegada en Zaragoza de TUBKAL INGENIERÍA y **Javier Sabroso**, químico y director de la empresa TATUINE Medio Ambiente-Grupo Varec. Con ellos hablamos sobre la importancia de la **sostenibilidad ambiental** a través de acciones y estudios que impidan la contaminación de suelos o sobre la **gestión ecológicamente racional de aparatos electrónicos o productos químicos**:  
<https://www.youtube.com/watch?v=y6PZqOZKzIA&t=5s>

**ODS 13. Acción por el clima:**

Entrevistamos a **Marcos Remiro**, estudiante de la Facultad de Ciencias y **Jesús Manuel Anzano**, Catedrático del Dpto. de Química Analítica, con quienes hablamos sobre la importancia del **cambio climático** a través de acciones que ayuden a la concienciación social del problema y sobre **estudios que aborden el impacto climático** de los aerosoles atmosféricos:  
<https://www.youtube.com/watch?v=ReqQczcyAww>

**ODS 14. Vida Submarina:**

En esta ocasión entrevistamos a **Adolfo Maestro**, doctor en geología de la Facultad e investigador científico del Instituto Geológico y Minero de España y **Jorge Guío** estudiante de doctorado del dpto. de Bioquímica y Biología Molecular y Celular. Con ellos conversamos sobre la importancia que tienen **estos grandes ecosistemas** y de las **investigaciones** que se pueden realizar en torno a ellos:  
<https://www.youtube.com/watch?v=9KYmNtfXi8E&t=3s>

**ODS 15. Vida de Ecosistemas terrestres:**

Entrevistamos a **José María Matesanz**, doctor en química, Técnico Medio de Laboratorio en el Dpto. Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente y miembro del IUCA. Con él hablamos de los ecosistemas terrestres, del medio ambiente y de las **acciones** que se pueden realizar en torno a ellos tanto desde la **investigación** como desde la **divulgación científica**:  
<https://www.youtube.com/watch?v=4b9uUSvuhRw>

Ana Rosa Soria

Vicedecana de Proyección Social y Comunicación

Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza

Las caras de los ODS en la Facultad de Ciencias, de izquierda a derecha, empezando por la parte superior: Alodia Orera, Santiago Franco, José Tomás Alcalá, José Luis Simón, Álvaro Fanlo, Salka Bachir, María Victoria Collados, Josefina Pérez, Rafael Alonso, María Luisa Garijo, Javier Sabroso, Marcos Remiro, Jesús Manuel Anzano, Adolfo Maestro, Jorge Guío y José María Matesanz.

“Desde el comienzo de curso 2021/22 y hasta febrero se han abordado los ODS 7 a 15.”



**ACTIVIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
DIRIGIDAS A LOS CENTROS DE SECUNDARIA.  
CURSO 2022/23**

Después de dos años complicados a muchos niveles y con especial incidencia en la divulgación, este nuevo curso marca la vuelta a la normalidad y desde el Vicedecanato de Proyección Social y Comunicación se han lanzado todas las actividades de divulgación que veníamos realizando antes de la pandemia.

**Jornadas de puertas abiertas**

Con esta actividad se pretende dar a conocer la Facultad de Ciencias a los estudiantes de 4º de E.S.O. y 1º y 2º de Bachillerato de Centros de Educación Secundaria y Bachillerato de la Comunidad de Aragón, a través de la visita a sus instalaciones y de la realización de actividades en las distintas secciones.

Estas jornadas se van a desarrollar a lo largo de todo el curso académico 2022-23, recibiendo en cada jornada a unos 80 estudiantes. Constan de 10 jornadas que comenzarán en el mes de diciembre de 2022 y se desarrollarán hasta mayo de 2023. Las visitas programadas son: 1 de diciembre, 12 y 26 de enero, 9 y 23 de febrero, 9 y 16 de marzo, 13 y 20 de abril y 4 de mayo. Las visitas se organizan en grupos de 20 alumnos, acompañados por un profesor del centro de origen y están guiadas por profesores e investigadores de la Facultad, de los Institutos de Investigación asociados y por personal del Servicio General de Apoyo a la Investigación (SAI) de la Universidad de Zaragoza. Durante la visita, los grupos de alumnos tienen la oportunidad de ver distintos departamentos y servicios de la Facultad, recibiendo además una charla informativa sobre el Centro y las titulaciones que en él se imparten.

Los departamentos, áreas, servicios y laboratorios implicados en estas jornadas y que explican sus líneas de trabajo e investigación son: Criptografía, Química Analítica, Química Física, Química Inorgánica, Química Orgánica, Difracción de RX, Servicio de Líquidos Criogénicos-SAI, Servicio de Análisis Químico-SAI, Servicio de preparación de rocas-SAI, Óptica, Cristalografía y Mineralogía, Paleontología, Estratigrafía, Geodinámica Interna, Física Atómica Molecular y Nuclear, Física de la Materia Condensada y distintos Institutos Universitarios de Investigación (ICMA, ISQCH e IUMA).

**Visita de profesores de la facultad a centros de enseñanza secundaria**

Otra de las actividades son las visitas de profesores e investigadores a aquellos centros que lo soliciten. Durante estas visitas se informa a los alumnos de los grados que se imparten en la facultad, de las salidas profesionales que ofrecen y de las actividades complementarias que se realizan en la facultad tanto para alumnos de secundaria como para alumnos de grado.

En principio esta actividad es presencial pero, si los centros lo solicitasen, también se puede hacer por videoconferencia, tanto para realizar la presentación como para resolver las dudas de los estudiantes de secundaria y bachillerato interesados en nuestras titulaciones.

Ana Rosa Soria  
Vicedecana de Proyección Social y Comunicación  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza



Facultad de Ciencias.

# Encuentros con la Ciencia

Ciclo de charlas de divulgación científica

Ámbito Cultural El Corte Inglés (Paseo de la Independencia 11, Zaragoza)  
Octubre 2022 - Junio 2023 / 19 horas

**"TEBEOS Y CIENCIA, NI MUCHO MENOS UN AMOR IMPOSIBLE"**

Santiago Gonzalo / 20 de octubre

**"LA NEUROTECNOLOGÍA: ¿TECNOLOGÍA DISRUPTIVA O PUBLICIDAD ENGAÑOSA?"**

José M<sup>o</sup> de Teresa / 24 de noviembre

**"RADIACIONES EN MEDICINA: USOS Y GESTIÓN DE RIESGOS"**

Javier Jiménez / 15 de diciembre

**"OTRA EDUCACIÓN"** (coloquio coordinado por Ana Elduque)

Ana Pilar Zaldivar y José Luis Melero / 12 de enero

**"PARA SER MARIE CURIE SOLO HACE FALTA..."**

Ana Elduque / 16 de febrero

**"MOMENTOS ESTELARES DE LA MÚSICA MILITAR EN ESPAÑA"**

Roberto Sancasto / 16 de marzo

**"EL NACIMIENTO DEL MAR MEDITERRÁNEO"**

Gonzalo Pardo y Concha Arenas / 20 de abril

**"VINOS, ARTE Y TÉCNICA"**

Fernando Mora / 11 de mayo

**"MITOS Y RITOS DEL ALTOARAGÓN"**

Severino Pallaruelo / 15 de junio

**Organizan:**

Ana Isabel Elduque (Universidad de Zaragoza)  
José Manuel Vicente (Centro Universitario de la Defensa)  
Alberto Virto (Ayuntamiento de Zaragoza)  
Juan José Ortega (Colegio Oficial de Químicos de Aragón y Navarra)  
Fernando Bartolomé (Real Sociedad Española de Física en Aragón)

**Patrocinan:**

Etopia (Ayuntamiento de Zaragoza)  
Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento  
Colegio Oficial de Químicos de Aragón y Navarra  
Cátedra IQE  
Real Sociedad Española de Física en Aragón  
Ámbito Cultural de El Corte Inglés

**Colaboran:**

Albireo Cultura Científica  
Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza

¡Comenzamos la edición 21 de Encuentros con la Ciencia!!



**JORNADAS DE ACOGIDA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS 2022/23**

La jornada de acogida de los nuevos estudiantes de la Facultad de Ciencias del curso 2022-23 se celebró de forma presencial en el Aula Magna el 14 de septiembre.

Esta actividad está dirigida a estudiantes que inician cualquiera de las titulaciones que se imparten en la Facultad de Ciencias y representa su primer encuentro con sus compañeras y compañeros y con el profesorado de su titulación, especialmente representados por los coordinadores de titulación. Es una actividad importante para los nuevos estudiantes, a la que se invita también a los profesores que imparten docencia en cada Grado.

Uno de los objetivos de la Jornada de Acogida es ofrecer información general acerca de la Facultad y de los estudios que se cursan en ella para así facilitar una más rápida adaptación de nuestros estudiantes al entorno universitario.

Las jornadas tuvieron una duración aproximada de 2 horas y contaron con la presencia del Decano, la Vicedecana de estudiantes, la Vicedecana de ordenación académica, el Director de la oficina de atención a la diversidad (OUAD), el coordinador o coordinadora de cada Grado, representantes estudiantiles de la delegación de estudiantes y de la casa del Estudiante y los estudiantes mentores correspondientes a cada Grado.

La jornada continuó con la realización de una visita a las instalaciones de la Facultad, que fueron dirigidas por los estudiantes mentores y que tuvieron muy buena acogida por los estudiantes de nuevo ingreso. A esto se sumó la información que los coordinadores ofrecieron a los estudiantes de su titulación sobre aspectos específicos de su grado.

**Programa de las jornadas:**

La primera parte de estas jornadas es general para todos los Grados y se desarrolla en el Aula Magna:

- Acto de bienvenida y presentación de la Facultad de Ciencias
- Información sobre:
  - Dónde encontrar la información: recursos en red de la Facultad y de la Universidad
  - A quién consultar: Plan de Orientación, programa

- Tutor-Mentor, tutorías personales, tutorías académicas...
- Servicios de la Universidad. Información general útil para el estudiante.
- Universidad y diversidad (OUAD)
- Actividad estudiantil en la Facultad: Delegación de estudiantes, Casa del estudiante, Delegado de deportes.

La segunda parte es específica para cada titulación y consta de:

- Visita a las instalaciones acompañados por los mentores: visita a las instalaciones del centro terminando en el aula donde se reunieron con sus respectivos coordinadores.
- Información específica por titulaciones. Los coordinadores de cada Grado explicaron aspectos concretos de su Titulación que es conveniente que los estudiantes conozcan antes de comenzar el curso.

Al finalizar el acto, los participantes recibieron en su correo institucional una encuesta sobre la jornada que debían rellenar con el fin de recoger sugerencias para próximas ediciones de estas jornadas. Las jornadas fueron bien valoradas y más del 85% recomendarían la asistencia.

Eva Villarroya  
Vicedecana de Estudiantes y Prácticas Externas  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza

Empezamos un nuevo ciclo de coloquios:  
**ConCIENCIA de... hablando de SALUD COLECTIVA.**

**¡NO TE LO PIERDAS!**

**ConCIENCIA** Ciclo de coloquios

**de SALUD COLECTIVA**



18OCT22

22NOV22

25ENE23

01MAR23

La perspectiva sociológica

La perspectiva laboral

La perspectiva sanitaria

La perspectiva farmacéutica

Coordina y modera: Ana Isabel Elduque

Todas las sesiones se celebrarán a las 19:00 horas en la **Cámara de Comercio, Industria y Servicios de Zaragoza** (Pº Isabel la Católica, 2)

Información e inscripciones: [www.camarazaragoza.com](http://www.camarazaragoza.com)

Organizan:

Colaboran:



**Nº 1 conCIENCIAS. Descubre la revista de tu Facultad.**

**Olimpiada Matemática.** *Elduque A. I.* (10)

**III Olimpiada Española de Biología. Fase Aragón.**

*Peña R.* (11)

**XXI Olimpiada Química 2008.** *Palacián S.* (12)

**Fase Aragonesa de la XIX Olimpiada Española**

**de Física.** *Martínez J. P.* (13)

**La biblioteca de la nueva sociedad.** *Soriano R.* (24)

**Presentación del Senatus Científico.** *Elduque A. I.* (42)

**Agua y Vida.** *Sancho J.* (44)

**Nº 2 conCIENCIAS.**

**El Cosmos, la Tierra, el Hombre y la Vida.**

**Fósiles del universo primitivo.**

*Sarsa M. L. y García E.* (6)

**Proyecto SSETI.** *Marín-Yaseli J.* (14)

**2008, Año Internacional del Planeta Tierra.**

*Meléndez A.*(16)

**Día de la Tierra en la Facultad de Ciencias.**

*Simón J. L.* (26)

**Las edades de la Tierra.**

*Liñán E., Gámez J. A. y Dies M. E.* (28)

**Dinosaurios, meteoritos, cambio climático y**

**extinciones.** *Canudo J. I.* (36)

**El hombre de Atapuerca del siglo XXI.** *Cuenca G.* (42)

**¿Qué es la vida?.** *Usón R.* (54)

**Vida extraterrestre.** *Boya L. J.* (56)

**Vida y geología.** *Sánchez Cela V.* (64)

**Impresiones sobre mi vida científica.**

*Núñez-Lagos R.* (70)

**Nº 3 conCIENCIAS.**

**2009: DARWIN, ASTRONOMÍA, CRISIS Y...**

**Biología del Cáncer.** *Boya L. J.* (6)

**Origen del oxígeno atmosférico terrestre.**

*Sánchez Cela V.* (16)

**Darwinismo: la evolución selectiva.** *Amaré J.* (22)

**Curiosidades sobre Darwin.** *M. L. Peleato* (32)

**2009: Año Internacional de la Astronomía.** *Virto A.* (38)

**Planetas y exoplanetas I.** *Elipe A.* (46)

**Continente con contenido.** *Elduque A. I.* (54)

**El Museo Paleontológico de la Universidad de**

**Zaragoza.** *Liñán E.* (58)

**¿Está la Ciencia en crisis?.** *Sesma J.* (66)

**¿Crisis en matemáticas?.** *Garay J.* (70)

**Premio Don Bosco.** *Rubio M.* (76)

**Premio J.M. Savirón de Divulgación Científica.**

*Carrión J. A.* (84)

**Nº 4 conCIENCIAS.**

**LA CIENCIA: UN ESPACIO PARA TODOS.**

**El aceite de oliva, un reto para los científicos.**

*de la Osada J.* (6)

**La renovación del paisaje.** *García Novo F.* (12)

**La magia de las astropartículas.**

*Cuesta C., Pobes C. y Sarsa M. L.* (28)

**Planetas y exoplanetas II.** *Elipe A.* (32)

**El Universo desde Javalambre.** *Moles M.* (38)

**Mi despacho.** *Echenique P.* (56)

**Matemáticas, ¿puras o aplicadas?.** **El caso de la**

**geometría proyectiva.** *Etayo F.* (62)

**Vigencia y actualidad de la Teoría de la Evolución.**

*de Azcárraga J. A.* (74)

**¡Arde la Facultad!.** *Álvarez A.* (96)

**La nueva Ley de Ciencia y Tecnología.**

*Elduque A. I.* (102)

**Espacio Europeo de Educación Superior.** *Artal E.* (114)

**Nº 5 conCIENCIAS. CRISIS. ¿QUÉ CRISIS? LA CIENCIA**

**ANTE EL NUEVO MILENIO.**

**Los glaciares del Pirineo Aragonés: una singularidad**

**de gran valor.** *del Valle J.* (6)

**2010: Año Internacional de la Biodiversidad.**

*Martínez Rica J. P.* (16)

**Geometría de la ciudad.** *Sorando J. M.* (30)

**El uso letal de la Ciencia: Armas de destrucción**

**masiva.** *Vicente J. M.* (40)

**¿Error o incertidumbre?.** *Núñez-Lagos R.* (54)

**Biología olímpica.** *Peña R.* (68)

**Formación para el empleo y encuentro con la empresa.**

*Sarsa M. L.* (78)

**El reto que viene: sociedad, ciencia y periodismo.**

*Sabadell M. A.* (84)

**Historia de unos libros viajados.** *Elduque A. I.* (94)

**El LHC llega a Zaragoza.** *Virto A.* (98)

**Nº 6 conCIENCIAS.**

**¿CIENCIAS?, ¿HUMANIDADES?... ¡CULTURA!.**

**El impacto meteorítico que hizo temblar la vida en la**

**tierra.** *Alegret L., Arenillas I. y Arz J. A.* (6)

**La Ciencia en la Zaragoza del siglo XI.** *Corral J. L.* (14)

**Hablando de... Química.** *Elduque A. I.* (24)

**Consecuencias del fuego en los paisajes**

**mediterráneos.**

*Eceverría M., Pérez F., Ibarra P. y de la Riva J. R.* (32)

**Un personaje singular en la historia de meteorología:**

**Benjamin Franklin.** *Uriel A. E. y Espejo F.* (44)



**El uso letal de la Ciencia: Armas de destrucción masiva (II).** *Vicente J. M.* (52)

**La radiactividad.** *Lozano M. y Ullán M.* (64)

**Peregrinaje matemático en el camino de Santiago.**

*Miana P. J.* (76)

**A las puertas de 2011: Año Internacional de la**

**Química.** *Carreras M.* (84)

**Nº 7 conCIENCIAS.**

**Ciencia, pensamiento y... MUCHA QUÍMICA.**

**¿Cómo se puede explicar el altruismo humano?.**

*Soler M.*(6)

**Nanoseguridad: confrontando los riesgos de la**

**Nanotecnología.** *Balas F. y Santamaría J.* (16)

**Algunas reflexiones alrededor de nuestra Química.**

*Elguero J.* (26)

**El hidrógeno como combustible.** *Orera V. M.* (42)

**Una visión de la Química desde la empresa.**

*Villarroya J.* (54)

**Maya o Shogun.** *Pétriz F.* (58)

**La ética profesional de los docentes y los sistemas de**

**evaluación.** *Elduque A. I.* (62)

**La Isla Decepción: un volcán activo bajo el**

**hielo antártico.**

*Gil A., Gil I., Maestro A., Galindo J. y Rey J.* (76)

**La profesión del químico.**

*Comenge L. y Palacián S.* (88)

**Modelización y simulación. La asignación alfabética**

**de apellidos.** *Cruz A.* (100)

**Conocer, tras ver, para actuar: la componente**

**matemática.** *Díaz J. I.* (110)

**Nº 8 conCIENCIAS.**

**ARTE Y CIENCIA: LA ESTÉTICA DEL CONOCIMIENTO.**

**El cambio climático.** *Uriel A.* (6)

**Metales en Medicina.** *Laguna A. y Gimeno M<sup>a</sup> C.* (16)

**Ibones del Pirineo aragonés: lagos glaciares entre**

**agrestes montañas.**

*del Valle J., Arruebo T., Pardo A., Matesanz J., Rodríguez*

*C., Santolaria Z., Lanaja J. y Urieta J.* (30)

**Leer el periódico con ojos matemáticos.** *Ibañez R.* (48)

**AMS-02: la odisea de un detector de rayos cósmicos.**

*Aguilar M.* (58)

**Arte y Ciencia: la invención de la litografía.**

*Pagliano S.* (76)

**El legado del Año Internacional de la Química.**

*Elduque A. I.* (92)

**Los microRNA: pequeñas moléculas, grandes**

**reguladoras.** *Lizarbe M<sup>a</sup> A.* (98)



**IMAGINARY, una mirada matemática.**

*Artal E., Bernués J. y Lozano Imízcoz M<sup>a</sup> T. (110)*

**El túnel subterráneo de Canfranc: 25 años apasionantes.** *Villar J. A. (116)*

**Nº 9 conCIENCIAS.**

**NUEVOS TIEMPOS, RETOS DESCONOCIDOS.**

**Tras las huellas de los dinosaurios.** *Canudo J. I. (4)*

**Larga vida a la superconductividad.**

*Camón A., Mazo J. J. y Zueco D. (16)*

**Marte en lontananza.** *Díaz-Michelena M. (26)*

**Y la Medicina se hizo Ciencia, ¿o no? .** *Gomollón F. (38)*

**Marie Curie: Ciencia y Humanidad.** *Román P. (48)*

**Iberia cartesiana.** *Boya L. J. (62)*

**Tiempos nuevos.** *Elduque A. I. (72)*

**Homenajes a la Ciencia en Zaragoza.**

*Sorando J. M. (84)*

**Nº 10 conCIENCIAS.**

**UN ANIVERSARIO PARA MEDITAR.**

**Estética, creatividad y Ciencia.** *Franco L. (4)*

**Reflexión sobre principios de la divulgación científica.** *Mira J. (16)*

**Terremotos y tsunamis.** *González A. (24)*

**El día más largo de mi vida.** *Pobes C. (38)*

**Zaragoza matemática.** *Sorando J. M. (52)*

**La Responsabilidad Social de la información (bio) química.** *Valcárcel M. (72)*

**Un aniversario para meditar.** *Elduque A. I. (84)*

**Claves para la excelencia universitaria: pasado y futuro inmediato del Campus Íberus.**

*López Pérez M. (94)*

**Una vieja historia para el Cincuentenario del Edificio de la Facultad de Ciencias.** *Carrión A. (102)*

**El emblema histórico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.** *Bernués J. y Rández L. (108)*

**Ramanujan: un matemático ejemplar para todos.**

*López Pellicer M. (114)*

**Nº 11 conCIENCIAS. CIENCIA: EL CAMINO SIN FIN**

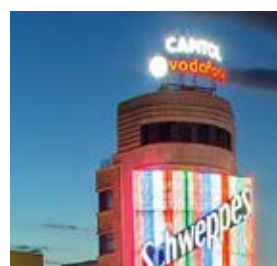
**Ernest Rutherford: padre de la Física Nuclear y alquimista.** *Román P. (4)*

**La Prevención de Riesgos en Laboratorios de Química.** *Blein A. (20)*

**El origen de la teoría cuántica del átomo. Niels Bohr, 1913.** *Boya L. J. (50)*

**Másteres: pasado, presente y futuro.** *Elduque A.I (66)*

**Estancias de verano para estudiantes.** *Bolsa M. (78)*



**El cambio global y el Antropoceno; más allá del clima.**

*Bruschi V., Bonachea J., Remondo J., Forte L. M., Hurtado M. y Cendrero A. (42)*

**Nº 12 conCIENCIAS. ERÁSE UNA VEZ LA CIENCIA**

**Matemáticas y Música.** *Garay J. (4)*

**La Ciencia vista por un hombre de letras.** *Arce J. (14)*

**Los comienzos de la era nuclear.** *Núñez-Lagos R. (30)*

**Einstein en Zaragoza.** *Turrión J. (46)*

**Entendiendo la Estadística: modelos, controversias e interpretaciones.** *Cristóbal J. A. (60)*

**¿Hay alguien ahí fuera?** *Elduque A. I. (76)*

**Leiden: lecciones de Ciencia y Universidad.**

*Bartolom F. (96)*

**La Matemática desde Zaragoza.** *González S. (106)*

**Nº 13 conCIENCIAS.**

**LA CIENCIA Y SU IMPORTANCIA SOCIAL**

**Henry Moseley: rayos X, tabla periódica y guerra.**

*Román P. (4)*

**Los asesinos del sistema inmunitario.**

*Anel A., Martínez-Lostao L. y Pardo J. (22)*

**Biología: breve biografía de una disciplina emergente.** *Mendivil J. L. (30)*

**Polímeros: de macromoléculas a materiales.**

*Piñol M. y Oriol L. (46)*

**Geología para una Nueva Cultura de la Tierra.**

*Simón J. L. (64)*

**La reforma que nos va a llegar.** *Elduque A. I. (76)*

**Espirales en la naturaleza: una incursión en la Biomatemática recreativa.** *Gasca M. (88)*

**Nº 14 conCIENCIAS. OBJETIVO: SABER**

**El día que el universo creció enormemente.**

*Martínez V.J. (4)*

**Baade y Zwicky, la extraña pareja.** *Pérez Torres M. (14)*

**Leiden: más lecciones de Ciencia y Universidad.**

*Bartolomé F. (22)*

**La Colección de Minerales de la Facultad de Ciencias de Zaragoza.** *Calvo M. (42)*

**El último ser vivo.** *Sabadell M.A. (56)*

**35 años del Seminario Rubio de Francia.** *Alfaro M. (66)*

**¿Es 4+1 igual a 3+2?** *Elduque A. I. (92)*

**IAESTE: un puente hacia el mundo laboral.**

*Rísquez E. y Garzo R. (94)*

**¿Estás preparado para trabajar en el extranjero?**

*Gracia G. y Sarsa M. (102)*

**Nº 15 conCIENCIAS. Al principio, LA CIENCIA**

**Gamow, Alpher y el Big Bang.** *Pérez Torres M (4)*

**2015: En torno a Einstein y su Teoría de la Relatividad**

**(una reflexión por encargo).** *Turrión J. (10)*

**Los Árboles del Edén: pequeña incursión en la**

**Botánica mítica.** *Martínez Rica J. P. (26)*

**Cristales en los alimentos.**

*Cuevas-Diarte M. A., Bayés-García L., y Calvet T. (44)*

**Química Forense ¿Ciencia o Ficción?**

*Montalvo G. y García-Ruiz C. (58)*

**Un modelo universitario.** *Elduque A. I. (72)*

**Hilbert y los fundamentos de la Matemática.**

*Bombal F. (86)*

**Nº 16 conCIENCIAS. Una visión emotiva de la Ciencia**

**El poder de las emociones. Aprender a convivir con**

**ellas.** *Aceña J. (4)*

**Cooperación en Salud Visual en África.** *Bea A. (18)*

**Óptica y Arte: Salvador Dalí creador de imágenes.**

*Vallés J. A. (26)*

**Las Conferencias Solvay: una oportunidad para la didáctica (parte I).**

*Pinto G., Martín M. y Martín M.T. (46)*

**El poder de los cristales.** *Bauluz B. (66)*

**Una experiencia docente con Ibercivis.**

*Pelacho M. (74)*

**Los elementos químicos.** *Boya L J. (88)*

**Nº 17 conCIENCIAS. Simplemente CIENCIA**

**Las Conferencias Solvay: una oportunidad para la didáctica (parte II).**

*Pinto G., Martín M. y Martín M.T. (4)*

**La era del silicio. De la arena al microprocesador.**

*Aldea C. (22)*

**Edificios de consumo de energía casi nula: ¿Es posible?** *Rodríguez B. (42)*

**Una nueva política educativa.** *Elduque A. I. (58)*

**El Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza.** *Canudo J. I. (68)*

**Ars Qubica, el patrón geométrico de la belleza.** *Miana P. J., Corbalán F., Rández L., Rubio B. y Vila C. (86)*

**La Química en mi vida.** *Carreras Ezquerro M. (98)*

**La Ciencia explicada a los Niños. Hoy... "Ondas Gravitacionales".** *Bartolomé F. y García-Nieto D. (110)*



**Nº 18 conCIENCIAS. La CIENCIA y el TODO**

**La Química a través del espejo.** Gomollón-Bel F. (4)

**Riadas del Ebro: comprenderlas sin miedo.**

del Valle J. (14)

**Átomos y moléculas de cristal.** Martínez-Ripoll M. (24)

**El Paleomagnetismo y el viejo geólogo.**

Pardo G., Pérez F. J. y Arenas C. (36)

**Dieta Mediterránea y Salud Pública.**

Mauriz Turrado I., y Martínez Pérez J. M. (50)

**Matemáticas en los bolsillos: los dígitos de control.**

Gasca M. (66)

**La RSME en Aragón.** Miana P. J. (76)

**Nº 19 conCIENCIAS. PASIÓN POR EL CONOCIMIENTO**

**Las cuevas heladas del Pirineo: crónica de una**

**sorpresa efímera.** Sancho C., Belmonte A.,

Bartolomé M., Leunda M. y Moreno A. (4)

**Viaje a los Campamentos de Refugiados Saharaus.**

Vallés J. A. y Collados M<sup>a</sup> V. (20)

**Una nueva política académica.** Elduque A. I. (30)

**El fascinante mundo de los Insectos.**

Lanero J. M. (42)

**Miguel Servet: la Vida y la Ciencia.** Corral J. L. (66)

**La búsqueda de los restos de Cervantes. ¿Qué hay**

**debajo del suelo?.** Cubas Jiménez S. (80)

**Nº 20 conCIENCIAS. ¡20!**

**Un mundo de minerales.** Bauluz B. (4)

**El desarrollo de la carrera profesional.** Ortega J. J. (16)

**Un campeonato entre árboles: más alto, más grande,**

**más viejo...** Martínez-Rica J. P. (24)

**La óptica en la China Oriental.** Vallés J. A. (42)

**Desafíos de la higiene, inspección y seguridad**

**alimentarias para el tercer milenio.**

Martínez J. M. y Mauriz I. (54)

**El 40 aniversario de un paradigma en el análisis de**

**cuencas sedimentarias.**

Pardo G., Gonzalez A. y Arenas C. (70)

**Nº 21 conCIENCIAS. SIGLO XXI.**

**Conciencia química y CO<sub>2</sub>.** Fernández Álvarez F. J. (4)

**Mendeléiev y San Alberto Magno en el paraíso de los**

**inmortales.** Román Polo P. (16)

**Los yacimientos minerales como indicadores**

**ambientales en la tierra arcaica.** Subías I. (34)

**Biología sintética: La ingeniería de la naturaleza.**

Nevot G. (48)

**La arqueología subacuática: Hay que llegar al fondo.**

Martin-Bueno M. (62)

**Una definición Genérica de los másteres.**

Elduque A. I. (78)

**Nº22 conCIENCIAS. CIENCIA,SIEMPRE.**

**La verdadera historia de la balsa de piedra.**

Pardo G. y Arenas C.(4)

**Toumai:¿Nuestro primer antepasado directo?**

Armendáriz A.(16)

**Antonio de Ulloa:Un patriota y científico ilustrado**

**polifacético.** Pinto G. y Martín M. (24)

**Biopsia Virtual: Ver el cáncer invisible.**

Jiménez Schuhmacher A. (36)

**La ciencia en crisis: Los investigadores contra las**

**revistas académicas.** Sabadell M. A. (52)

**María Andrea Casamayor: Matemática ilustrada.**

Miana P. J. (68)

**Un mundo lleno de ondas.** Martínez Jiménez J. P. (76)

**Nº23 conCIENCIAS. 150 AÑOS.**

**Año internacional de la tabla periódica de los**

**elementos químicos.** Ortega J. J. (4)

**Henry Moseley: Rayos x,tabla periódica y guerra.**

Román P. (18)

**El éxodo de nuestros científicos.** Oro L. (36)

**Sobre el almacenamiento de agentes químicos en el**

**laboratorio.** Blein A. y Elduque A. I. (48)

**Cristalografía y biominales.** Moya R. (58)

**Paisajes que nos hemos perdido.** Pardo G.

y Arenas C.(72)

**Nº24 conCIENCIAS.**

**LA CIENCIA ES COSA DE MUCHOS.**

**Yo estuve una vez en África.** Gómez-Moreno C. (4)

**Un valor oculto del patrimonio frutal. De la**

**biodiversidad a la gastronomía.** Errea Abad P. y

González Bonillo J. (28)

**Mitología, cultura y arte en la tabla periódica de los**

**elementos químicos.** Román Polo P. (38)

**Big data: La fiebre del siglo XXI: Reinventándose la**

**estadística para los nuevos datos.** Olave Rubio P. (56)

**La química en la frontera: Más allá de buretas y tubos**

**de ensayo.** Madrona Martínez H. (68)

**Del quinto postulado a la forma del universo.**

Vigara Benito R. (80)

**Nº25 conCIENCIAS.**

**EN TIEMPOS DE CONFINAMIENTO**

**El neutrino y el origen de la materia.**

Cuesta Soria C. (4)

**Cómo construir “Construyendo la tabla periodica”.**

Calvo M. (16)

**Estructuras sedimentarias: más que *ludus naturae*.**

Pardo G. y Arenas C. (28)

**Agenda 2030. ¿hacen falta más datos?.**

Elduque A. I. (50)

**La Antártida, un paraíso para la investigación.**

Anzano J., Cáceres J., Marina C.

y Pérez-Arribas L. V. (60)

**Bruno solano y los inicios de la facultad de ciencias de**

**zaragoza.** Bartolomé F. (72)

**GuíaME-AC-UMA: un programa de apoyo al alumnado**

**de altas capacidades intelectuales.**

Viguera Mínguez E. y Grande Pérez A. (84)

**Las palabras detrás de la pandemia.** de Blas I. (94)

**Nº 26 conCIENCIAS.**

**CONOCIMIENTO, el eterno “CRESCENDO”.**

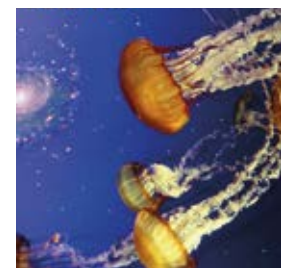
**Del Río, descubridor del eritronio, hoy vanadio.**

Pinto G. (4)

**Desperfectos en la naturaleza: ¿qué nos enseñan las**

**estructuras sedimentarias de deformación?**

Pardo G. y Arenas C. (26)



**Camino hacia el liderazgo.** Aceña J. (44)

**La influencia del color en la Historia de la Química.**

de Jesús E. (58)

**Los números detrás de la pandemia.** de Blas I. (88)

**Nº 27 conCIENCIAS. EL CONOCIMIENTO**

**siempre empieza por el APRENDIZAJE.**

**El tiempo entre dolinas.** Soriano M. A. y Pocovi A. (4)

**Jacques Hadamard en Zaragoza.** Miana P. J. (22)

**ANAIIS y el viento de materia oscura.**

Sarsa M. L. (34)

**“Experimentando” con la divulgación de la Química.**

Madurga A. (44)

**Toscas, tobas y travertinos: materiales de**

**construcción y archivos geológicos.**

Pardo G. y Arenas C. (54)

**Las competencias profesionales y la formación**

**superior.** Elduque A. I. (74)

**Nº 28 conCIENCIAS. Despertar a la normalidad.**

**Aspectos de interés sobre la salud (pública) oral.**

Yepes C., Mauriz Turrado I. y Martínez J. M. (4)

**Despertando sueños.** López M. (14)

**Zaragozanos supervivientes a todas las**

**enfermedades. De las pandemias de peste a la de**

**Covid-19.** Arcarazo L. A. (24)

**Lo único imprescindible para ser Marie Curie es ser**

**mujer... lo demás lo aporta el conocimiento.**

Elduque A. I. (38)

**Escrito en las rocas.** Bauluz B. y Laita E. (56)

**2037. Paraíso neuronal.**

de Teresa, J. M. y Elduque A. I. (70)

**Nº 29 conCIENCIAS. La CIENCIA y nuestro ENTORNO.**

**Cuando en el valle del Ebro había dunas eólicas.**

Luzón M<sup>a</sup>. A., Pérez A. y Soriano M<sup>a</sup>. A. (4)

**De lo invisible a lo previsible. El camino a la fisión**

**nuclear.** Vicente J. M. (24)

**La UME, incendios forestales, evolución y riesgos.**

Abad G. (44)

**Servetus Studio<sup>®</sup>, más de 20 años de creación de**

**cortometrajes en educación secundaria**

**y bachillerato.** Cólera I. y Moreno C. (64)

**Institutos de estudios avanzados ligados a**

**universidades: las oportunidades y las trampas.**

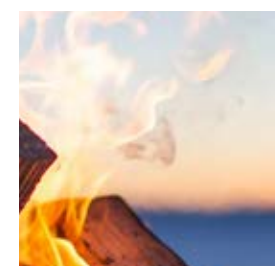
Bondía J. G. (80)



Apellido, nombre, volumen de la revista y página:

**Abad, Gustavo**, 29 (44)  
**Aceña, Javier**, 16 (4), 26 (44)  
**Aguilar, Manuel**, 8 (58)  
**Aldea, Concepción**, 17 (22)  
**Alegret, Laia**, 6 (6)  
**Alfaro, Manuel**, 14 (66)  
**Álvarez, Ana**, 4 (96)  
**Amaré, Julio**, 3 (22)  
**Anel, Alberto**, 13 (22)  
**Anzano, Jesús**, 25 (60)  
**Arcarazo, Luis A.** 28 (24)  
**Arce, José Luis**, 12 (14)  
**Arenas, Concepción**, 18 (36), 20 (70) 22 (4), 23 (72), 25 (28), 26 (26), 27 (54)  
**Arenillas, Ignacio**, 6 (6)  
**Armendáriz, Andrés**. 22(16)  
**Arruebo, Tomás**, 8 (32)  
**Artal, Enrique**, 4 (114), 8 (110)  
**Arz, José Antonio**, 6 (6)  
**Badía, Laura**, 8 (132)  
**Balas, Francisco**, 7 (16)  
**Bartolomé, Fernando**, 6 (106), 12 (96), 14 (22), 17 (110), 25 (72)  
**Bartolomé, Miguel** 19 (4)  
**Bauluz, Blanca**, 16 (66), 20 (4), 28 (56)  
**Bayés-García, Laura**, 15 (44)  
**Bea, Alnudena**, 16 (18)  
**Belmonte, Ánchel**, 19 (4)  
**Bernués, Julio**, 8 (110), 10 (108)  
**Blein, Antonio**, 11 (20), 23 (48)  
**Bolsa, Marta**, 11 (78)  
**Bombal, Fernando**, 15 (86)  
**Bonachea, Jaime**, 11 (84)  
**Bondía, José Gracia**, 29 (80)  
**Boya, Luis J.**, 2 (56), 3 (6), 9 (62), 11 (50), 16 (88)  
**Bruschi, Viola**, 11 (84)  
**Cáceres, Jorge**, 25 (60)  
**Calvet, Teresa**, 15 (44)  
**Calvo, Miguel**, 14 (42), 25 (16)  
**Camón, Agustín**, 9 (16), 9 (122)  
**Canudo, José Ignacio**, 2 (36), 9 (4), 11 (32), 17 (68)  
**Carreras, Miguel** 6 (84), 17 (98)  
**Carrión, J. Alberto**, 3 (84), 5 (122), 6 (94), 6 (108), 8 (126), 9 (126), 10 (102)  
**Cebrián, Susana**, 6 (90)  
**Cendrero, Antonio**, 11 (84)  
**Cólera, Ignacio**, 29 (64)  
**Collados, M<sup>a</sup> Victoria**, 19 (20)  
**Comenge, Luis**, 7 (88)

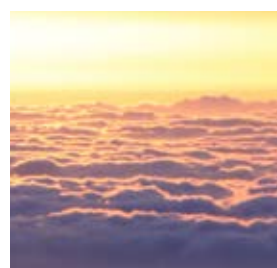
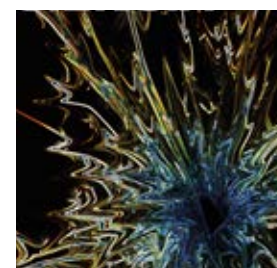
**Conde, Mariola**, 10 (128)  
**Corbalan, Fernando**, 17 (486)  
**Corral, José Luis**, 6 (14), 19 (66)  
**Cristóbal, José A.**, 12 (60)  
**Cruz, Andrés**, 7 (100)  
**Cuenca, Gloria**, 2 (42), 6 (100)  
**Cuesta, Clara**, 4 (28), 25 (4)  
**Cuevas-Diarte, Miguel Ángel**, 15 (44)  
**Cubas, Santiago**, 19 (80)  
**Dafni, Theopisti**, 6 (90)  
**De Azcárraga, José Adolfo**, 4 (74)  
**De Blas, Ignacio**, 25 (94), 26 (88)  
**de Jesús, Ernesto** 26 (58)  
**De la Osada, Jesús**, 4 (6)  
**De la Riva, Juan Ramón**, 6 (32)  
**De Teresa, José María**, 4 (128), 28 (70)  
**Del Valle, Javier**, 5 (6), 8 (32), 18 (14)  
**Díaz, Jesús Ildefonso**, 7 (110)  
**Díaz-Michelena, Marina**, 9 (26)  
**Díes, María Eugenia**, 2 (28)  
**Echenique, Pablo**, 4 (56)  
**Echeverría, Maite**, 6 (32)  
**Elduque, Alberto**, 1 (10)  
**Elduque, Ana Isabel**, 1 (42), 3 (54), 4 (102), 5 (94), 6 (24), 7 (62), 8 (92), 9 (72), 10 (84), 11 (66), 12 (76), 13 (76), 14 (82), 15 (72), 17 (58), 19 (30), 21 (78), 23 (48), 25 (50), 27 (74), 28 (38), 28 (70)  
**Elguero, José**, 6 (26)  
**Elipe, Antonio**, 3 (46), 4 (32)  
**Errea Abad, Pilar** 24 (28)  
**Espejo, Francisco**, 6 (44)  
**Etayo, Fernando**, 4 (62)  
**Figueroa, Adriana**, 8 (132)  
**Fernández Álvarez, Francisco José**, 21 (4)  
**Forte, Luis**, 11 (84)  
**Franco, Luis**, 10 (4)  
**Galindo, Jesús**, 7 (76)  
**Gámez, José Antonio**, 2 (28)  
**Garay, José**, 3 (70), 12 (4)  
**García, Eduardo**, 2 (6)  
**García- Nieto, Dani**, 17 (110)  
**García Novo, Francisco**, 4 (12)  
**García-Ruiz, Carmen**, 15, (58)  
**Garzo, Ricardo**, 14 (94)  
**Gasca, Mariano**, 13 (88), 18 (66)  
**Gil, Andrés**, 7 (76)  
**Gil, Inmaculada**, 7 (76)  
**Gimeno, M<sup>a</sup> Concepción**, 8 (16)  
**Gómez-Moren, Carlos** 24 (4)  
**Gomollón, Fernando**, 9 (38), 18 (4)  
**González, Álvaro**, 10 (24)



**González, Ángel** 20 (70)  
**González, José** 24 (28)  
**González, Santos**, 12 (106)  
**Gracia, Gustavo**, 14 (102)  
**Gracia Bondía, José** 29 (80)  
**Grande Pérez, Ana**, 25 (84)  
**Grupo Aragosaurus**, 11 (32)  
**Hurtado, Martín**, 11 (84)  
**Ibañez, Raúl**, 8 (48)  
**Ibarra, Paloma**, 6 (32)  
**Ibarra, Ricardo**, 4 (128)  
**Jiménez Schuhmacher, Alberto**, 22 (36)  
**Laguna, Antonio**, 8 (16)  
**Laita, Elisa** 28 (56)  
**Lanaja, Javier**, 8 (32)  
**Lantero, José Manuel** 19 (42)  
**Leunda, María**, 19 (4)  
**Liñán, Eladio**, 2 (28), 3 (58)  
**Lizarbe, M<sup>a</sup> Antonia**, 8 (98)  
**Lozano, Manuel**, 6 (64)  
**Lozano Imízcoz, M<sup>a</sup> Teresa**, 8 (110)  
**López Pellicer, Manuel**, 10 (114)  
**López Pérez, Manuel**, 10 (94)  
**López, Mercedes** 28 (14)  
**Luzón, M<sup>a</sup> Aránzazu**, 29 (4)  
**Madrona Martínez, Héctor**, 24 (68)  
**Madurga, Ángel** 27 (44)  
**Maestro, Adolfo**, 7 (76)  
**Marín-Yaseli, Julia**, 2 (14)  
**Marina, César**, 25 (60)  
**Martín-Bueno, Manuel**, 21 (62)  
**Martín, Manuela**, 16 (46), 17 (4), 22 (24)  
**Martín, M<sup>a</sup> Teresa**, 16 (46), 17 (4)  
**Martínez, Juan Pablo**, 1 (13), 5 (16), 15 (26), 20 (24), 22 (76)  
**Martínez, Vicent**, 14 (4)  
**Martínez-Lostao, Luis**, 13 (22)  
**Martínez Pérez, José Manuel**, 18 (50), 20 (54), 28 (4)  
**Martínez-Ripoll, Martín**, 18 (24)  
**Matesanz, José**, 8 (32)  
**Mauriz Turrado, Isabel**, 18 (50), 20 (54), 28 (4)  
**Mazo, Juan José**, 9 (16)  
**Mendivil, Jose Luis**, 13 (30)  
**Meléndez, Alfonso**, 2 (16)  
**Menéndez, Amalia**, 9 (120)  
**Miana, Pedro J.**, 6 (76), 17 (86), 18 (76), 22 (68), 27 (22)  
**Mira, Jorge**, 10 (16)  
**Moles, Mariano**, 4 (38)  
**Montalvo, Gemma**, 15 (58)  
**Montañés, Margarita**, 7 (124)  
**Moreno, Ana**, 19 (4)



- Moreno, Carlos**, 29 (64)  
**Moya, Raquel**, (58)  
**Nevot, Guillermo**, 21 (48)  
**Núñez-Lagos, Rafael**, 2 (70), 5 (54), 12 (30)  
**Olave Rubio, Pilar**, 12 (60), 24 (56)  
**Orera, Víctor M.**, 7 (42)  
**Oriol, Luis**, 13 (46)  
**Oro, Luis**, 23 (36)  
**Ortega, Juan José**, 20 (16), 23 (4)  
**Pagliano, Silvia**, 8 (76)  
**Palacián, Susana**, 1 (12), 7 (88)  
**Pardo, Alfonso**, 8 (32)  
**Pardo, Gonzalo**, 18 (36), 20 (70), 22 (4), 23 (72), 25 (28), 26 (26), 27 (54)  
**Pardo, Julián**, 13 (22)  
**Pelacho, Maite**, 16 (74)  
**Peleato, M<sup>a</sup> Luisa**, 3 (32)  
**Peña, Rubén**, 1 (11), 5 (68)  
**Pérez-Arribas, L. Vicente**, 25 (60)  
**Pérez, Antonio**, 29 (4)  
**Pérez, Fernando**, 6 (32)  
**Pérez, Francisco Javier**, 18 (36)  
**Pérez Torres, Miguel**, 14 (14), 15 (4)  
**Pétriz, Felipe**, 7 (58)  
**Piñol, Milagros**, 13 (46)  
**Pinto, Gabriel**, 16 (46), 17 (4), 22 (24), 26 (4)  
**Pobes, Carlos**, 4 (28), 6 (90), 10 (38)  
**Pocovi, Andrés**, 27 (4)  
**Puyod, Carmina**, 5 (110)  
**Rández, Luis**, 10 (108), 17 (86)  
**Remondo, Juan**, 11 (84)  
**Rey, Jorge**, 7 (76)  
**Rísquez, Eduardo**, 14 (94)  
**Rodríguez, Beatriz**, 17 (42)  
**Rodríguez, Carlos**, 8 (32)  
**Román, Pascual**, 9 (48), 11 (4), 13 (4), 21 (16), 23 (18), 24 (38)  
**Rubio, Beatriz**, 17 (86)  
**Rubio, Mario**, 3 (76)  
**Sabadell, Miguel Ángel**, 5 (84), 14 (56), 22 (52)  
**Sánchez Cela, Vicente**, 2 (64), 3 (16)  
**Sancho, Carlos**, 19 (4)  
**Sancho, Javier**, 1 (44)  
**Sangiao, Susana**, 9 (118)  
**Santamaría, Jesús**, 7 (16)  
**Santolaria, Zoé**, 8 (32)  
**Sarsa, María Luisa**, 2 (6), 4 (28), 5 (78), 6 (90), 7 (128), 9 (124), 9 (126), 14 (102), 27 (34)  
**Serrano, José Luis**, 10 (144)  
**Sesma, Javier**, 3 (66)  
**Sevil, Begoña**, 9 (116)



- Simón, José Luis**, 2 (26), 13 (64)  
**Soler, Manuel**, 7 (6)  
**Sorando, José María**, 5 (30), 9 (84), 10 (52)  
**Soriano, María Asunción**, 27 (4), 29 (4)  
**Soriano, Roberto**, 1 (24)  
**Subías, Ignacio**, 21 (34)  
**Tornos, José**, 6 (94), 6 (108)  
**Turrión, Javier**, 12 (46), 14 (14), 15 (10)  
**Ullán, Miguel**, 6 (64)  
**Uriel, Amadeo E.**, 6 (44), 8 (6)  
**Urieta, José**, 8 (32)  
**Usón, Rafael**, 2 (54)  
**Valcárcel, Miguel**, 10 (72)  
**Vallés, Juan**, 16 (26), 19 (20), 20 (42)  
**Vicente, José Manuel**, 5 (40), 6 (52), 29 (24)  
**Vigara Benito, Rubén**, 24 (80)  
**Viguera Mínguez, Enrique**, 25 (84)  
**Vila, Cristóbal**, 17 (86)  
**Villar, José Ángel**, 6 (90), 8 (116)  
**Villarroya, Jorge**, 7 (54)  
**Virto, Alberto**, 3 (38), 5 (98), 10 (142)  
**Yepes, Claudio**, 28 (4)  
**Zueco, David**, 9 (16)  
**Zulaica, Fernando**, 8 (128)





divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/1



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/2



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/3



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/4



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/17



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/18



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/19



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/20



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/5



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/6



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/7



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/8



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/21



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/22



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/23



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/24



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/9



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/10



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/11



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/12



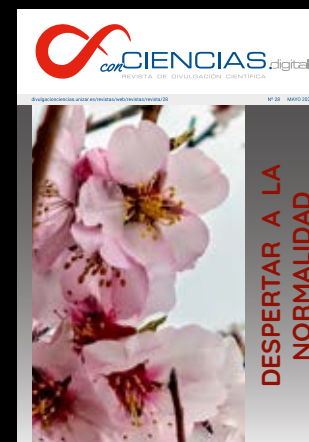
divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/25



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/26



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/27



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/28



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/13



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/14



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/15



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/16



divulgacionciencias.unizar.es/  
revistas/web/revistas/revista/29



¡DESCÁRGALAS  
GRATIS!



ENCIASCIENCIASCIENCIASCIENC  
ASCIENCIASCIENCIASCIENCIASC  
NCIASCIENCIASCIENCIASCIENC  
SCIENCIASCIENCIASCIENCIASO  
CIENCIASCIENCIASCIENCIASCIEN  
CIASCIENCIASCIENCIASCIENCIAS  
ENCIASCIENCIASCIENCIASCIENC  
ASCIENCIASCIENCIASCIENCIASO  
CIENCIASCIENCIASCIENCIASCIEN  
CIASCIENCIASCIENCIASCIENCIAS  
ENCIASCIENCIASCIENCIASCIENC  
ASCIENCIASCIENCIASCIENCIASO  
CIENCIASCIENCIASCIENCIASSCIE  
CIASCIENCIASCIENCIASCIENCIA  
NIENCIASCIENCIASCIENCIASCIEN  
IASCIENCIASCIENCIASCIENCIAS  
ASCIENCIASCIENCIAS



*con* **CIENCIAS**.digital

REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Patrocinan:

