

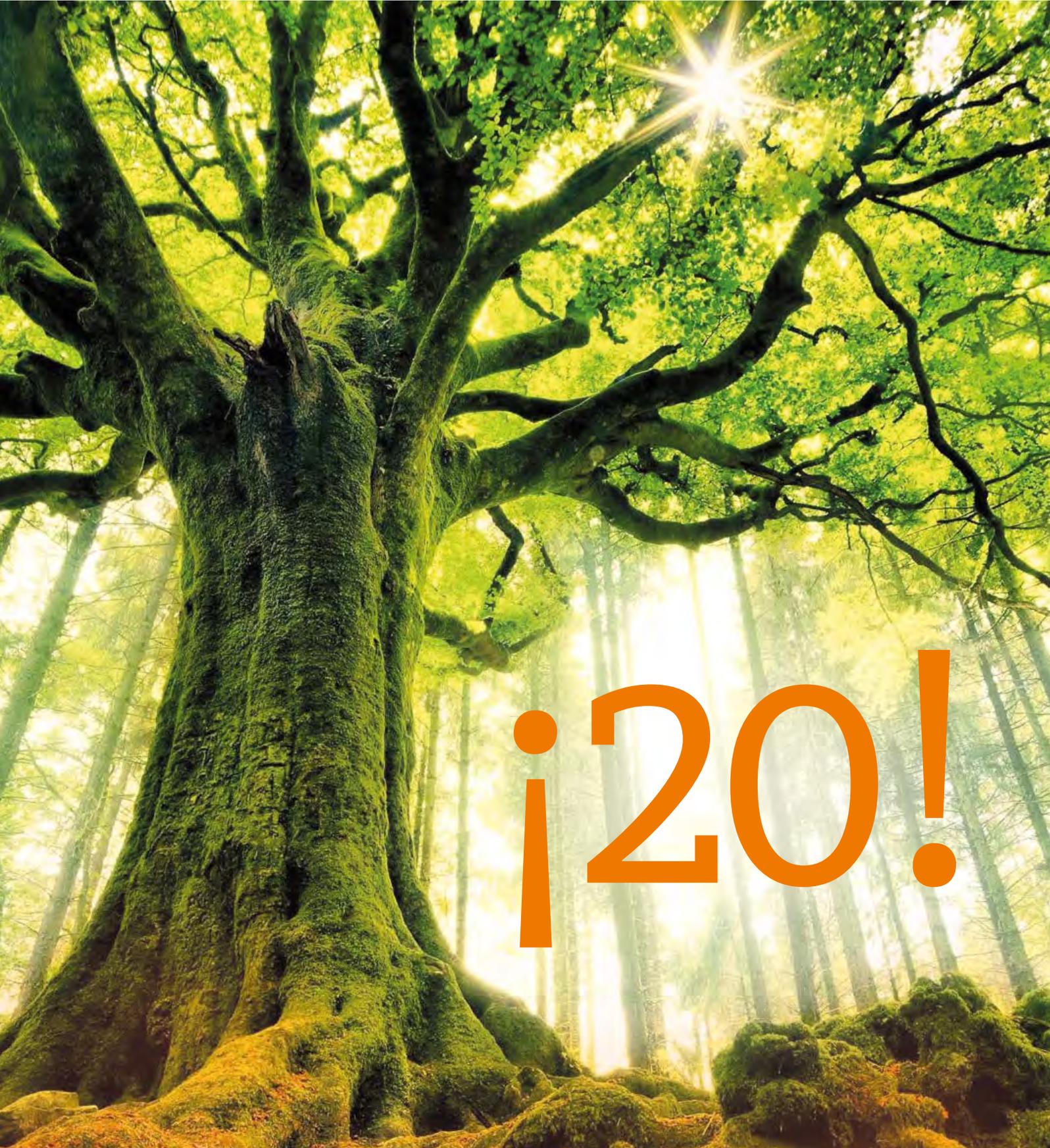


con CIENCIAS.digital

REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

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

Nº 20 NOVIEMBRE 2017



¡20!

Nº 20 / NOVIEMBRE 2017

REDACCIÓN

Dirección:

- Ana Isabel Elduque Palomo

Subdirección:

- Concepción Aldea Chagoyen

Diseño gráfico y maquetación:

- Víctor Sola Martínez (www.vicsola.com)

Comisión de publicación:

- Blanca Bauluz Lázaro
- Ángel Francés Román
- Cristina García Yebra
- Luis Teodoro Oriol Langa
- María Luisa Sarsa Sarsa
- María Antonia Zapata Abad

EDITA

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

e-mail: web.ciencias@unizar.es

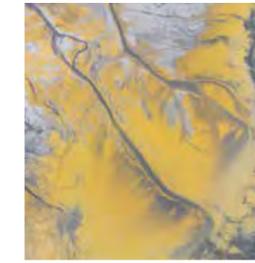
IMPRESIÓN: GAMBÓN Gráfico, Zaragoza.

DEPÓSITO LEGAL: Z-1942-08

ISSN: 1888-7848 (Ed. impresa)
ISSN: 1989-0559 (Ed. digital)

Imágenes: fuentes citadas en pie de foto.
Portada: www.treeremovalbycir.com

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



EDITORIAL	2
UN MUNDO DE MINERALES	4
Por Blanca Bauluz	
EL DESARROLLO DE LA CARRERA PROFESIONAL	16
Por Juan José Ortega	
UN CAMPEONATO ENTRE ÁRBOLES: MÁS ALTO, MÁS GRANDE, MÁS VIEJO...	24
Por Juan Pablo Martínez Rica	
LA ÓPTICA EN LA CHINA IMPERIAL	42
Por Juan A. Vallés	
DESAFÍOS DE LA HIGIENE, INSPECCIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIAS PARA EL TERCER MILENIO	54
Por José Manuel Martínez Pérez e Isabel Mauriz Turrado	
EL 40 ANIVERSARIO DE UN PARADIGMA EN EL ANÁLISIS DE CUENCAS SEDIMENTARIAS	70
Por Gonzalo Pardo, Ángel González y Concepción Arenas	
NOTICIAS Y ACTIVIDADES	86
ARTÍCULOS PUBLICADOS EN conCIENCIAS	98
COLABORADORES DE conCIENCIAS	102



“Desde antes del siglo XIX comenzaron a aparecer multitud de publicaciones en cuanto a la vigilancia sanitaria, con carácter individual y administrativo”.

DESAFÍOS DE LA HIGIENE, INSPECCIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIAS PARA EL TERCER MILENIO

POR JOSÉ MANUEL MARTÍNEZ PÉREZ
E ISABEL MAURIZ TURRADO



pixabay.com

Debido a la infinidad de avances científico-tecnológicos desde el siglo XIX (con especial mención a la época de Louis Pasteur), el bienestar y el grado de salud en la población humana se han visto incrementados. Uno de esos indicadores es la consecución de alimentos para toda la humanidad, lo que sigue siendo objetivo prioritario para instituciones como la ONU y la FAO. En este sentido, tanto los métodos productivos como los de procesamiento y transformación han desarrollado una gran tecnificación y, como consecuencia, se han abaratado muchos costes en alimentos básicos y de primera necesidad que suministran proteínas de alto valor biológico al ser humano. El problema, que no es actual, implica que todos estos cambios han traído consigo una emergencia (y re-emergencia) de diferentes patologías transmisibles mediante los alimentos, predominantemente de origen animal.

ORIGEN LEGISLATIVO EN ESPAÑA EN MATERIA DE SANIDAD ANIMAL (SS. XIX-XX)

Desde antes del siglo XIX comenzaron a aparecer multitud de publicaciones en cuanto a la vigilancia sanitaria, con carácter individual y administrativo. Durante este siglo se prestaba más atención a los conceptos teóricos de Sanidad Animal que a los órganos administrativos encargados de aplicar y administrar las propuestas técnicas. A partir del *Real Decreto Orgánico de marzo de 1847* se trató de establecer una única autoridad sanitaria centralizada en el Ministerio de la Gobernación. A nivel provincial la autoridad recaería en los jefes políticos, bajo cuyo mando se encontraba toda la estructura sanitaria. Se creó la Dirección General de Sanidad, disponiéndose en los gobiernos civiles de un negociado administrativo de sanidad bajo la dependencia del jefe político; de este, a su vez, dependían los subdelegados de Medicina, Farmacia y Veterinaria como órganos unipersonales administrativos. Asimismo, se encomendó a los alcaldes la protección de la salubridad.

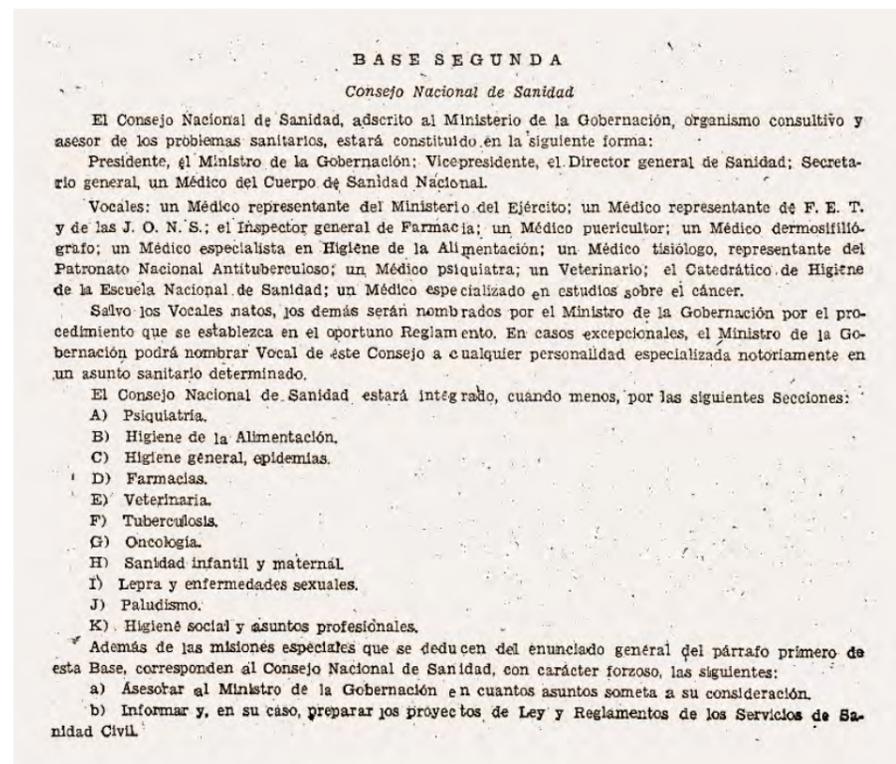
Esta normativa pretendía servir para implementar los conocimientos y medidas sanitarias. El Consejo de Sanidad del Reino era el órgano técnico de carácter consultivo. Estaba constituido por altruistas profesores de Medicina y Farmacia, un catedrático de Veterinaria, un ingeniero civil y un profesor de Arquitectura. Se publicaron estudios de gran trascendencia por insignes científicos especialistas en Inspección Veterinaria y Salud Pública. Entre ellos destacaba Juan Morcillo y Olalla que publicó en 1858 su *Guía del Veterinario Inspector, aplicada a las Casa-Mataderos y Pescaderías*, considerada en aquel tiempo como la más novedosa en materia de Higiene, Inspección y Control Higiénico-Sanitario de los alimentos. Otras aportaciones fueron las de Ventura de la Puente (*Tratado General de Carnes*, 1832), Manuel Prieto y Prieto (*Manual técnico-práctico del Veterinario Inspector de Mataderos y Mercados Públicos*, 1880) y Juan Morros García, veterinario y médico, profesor de la Escuela de Veterinaria de León (*Manual práctico de Inspección y Reconocimientos de las sustancias alimenticias*, 1908). En 1892 se constituía el cuerpo de Inspectores Generales de Sanidad y en 1904 el cuerpo de Sanitarios Rurales.

En este último año, con la *Instrucción General de Sanidad*, se confirieron a los ayuntamientos competencias en materia de salubridad y se les obligó a la contratación de médicos y veterinarios. Tras la *Instrucción General de Sanidad de 1904*, las Juntas Municipales quedaron plenamente establecidas (anteriormente se concebían como algo provisional en caso de riesgo de epidemias, y estarían formadas por el alcalde, el cura párroco, uno o más regidores y uno o más vecinos según distintas variables). Además de estas, también estaban las Juntas Provinciales y las del litoral, que sobrevivieron hasta promulgarse la *Ley General de Sanidad de 1944*.

A diferencia de las primeras, las Juntas Provinciales de Sanidad estaban compuestas por el gobernador civil, un diputado provincial, el alcalde de la capital de provincia, un arquitecto o ingeniero civil, médicos y farmacéuticos, un veterinario, un cirujano y tres vecinos. Los Inspectores de Higiene y Sanidad Pecuaria servían a estas Juntas. Las competencias que se les conferían eran: (1) dar dictamen cuando les consultara el gobernador civil sobre cualquier tema del ramo de la sanidad; (2) presentar las propuestas convenientes para mejorar la salubridad de la provincia; (3) vigilancia y control de patologías transmisibles; (4) mejorar y perfeccionar el servicio del ejercicio de la medicina, cirugía, farmacia y veterinaria; y (5) reprimir las infracciones a las leyes y normas sobre el ejercicio profesional y la venta de productos y sustancias que pudieran perjudicar la salubridad. Con un carácter local aparecieron los laboratorios

“La consecución de alimentos para toda la humanidad sigue siendo objetivo prioritario para instituciones como la ONU y la FAO”.

municipales y también existía la Junta de Sanidad Local para la que trabajaban los Inspectores de Carnes. En 1906 apareció la normativa para Inspectores Municipales, modificada en 1935. A partir de 1908 se exigía un certificado de sanidad en origen para productos animales importados. Paralelamente, surgieron otros organismos como el Instituto Internacional de Agricultura (1905) y la Oficina Internacional de Higiene Pública (1907). Desde 1914 los municipios debían contar con un profesor veterinario. También en los consistorios apareció otro organismo supeditado, la Policía Sanitaria de Abastos. El 9 de febrero de 1925 se promulgó el *Reglamento de Sanidad Municipal*, que exigía a los municipios el control de sustancias alimenticias. Esta labor se le encomendaba a los Inspectores Municipales Veterinarios, declarados autoridad competente por *Real Orden de 13 de septiembre de 1928*. Según el *Real Decreto de 18 de junio de*



Extracto de la Ley General de Sanidad de 25 de noviembre de 1944.

Boletín Oficial del Estado, nº 331, Madrid.



pixabay.com

1930, los Servicios Veterinarios del Ministerio de la Gobernación se organizarían de manera definitiva y los encargados de dicha actividad en los ayuntamientos pasarían a denominarse Inspectores Municipales Veterinarios.

ORIGEN LEGISLATIVO EN ESPAÑA EN MATERIA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA (SS. XIX-XX)

El crecimiento de las ciudades estuvo relacionado con la revolución industrial desde finales del siglo XVIII y los albores del siglo XIX, junto con los avances en la producción y abastecimiento de alimentos.

Las primeras normas de carácter estatal derivadas del control higiénico-sanitario vieron la luz con este incremento a nivel urbano. Los adelantos en materia de Bromatología y Tecnología Alimentaria, Química y Microbiología, así como los descubrimientos relativos a las Enfermedades Infecciosas y Parasitarias conllevaron soluciones a problemas derivados de la masificación y posterior transmisión de agentes etiológicos. Estos descubrimientos permitieron el descenso de patologías transmitidas a través de los alimentos, pero a este hecho se unieron los fraudes a la hora de comercializar los productos, lo que afectaba principalmente a su calidad.

Las empresas destinadas al procesamiento de alimentos promovieron una modernización desde el punto de vista económico y de seguridad alimentaria. Los hallazgos en el campo de la erradicación de contaminantes de productos alimentarios eran numerosos. En la España de finales del siglo XIX, José Jordana y Morera publicaba el *Manual de la conservación de los alimentos*. En 1840 el ayuntamiento de Madrid designaba a los Sres. Santos y Huertas

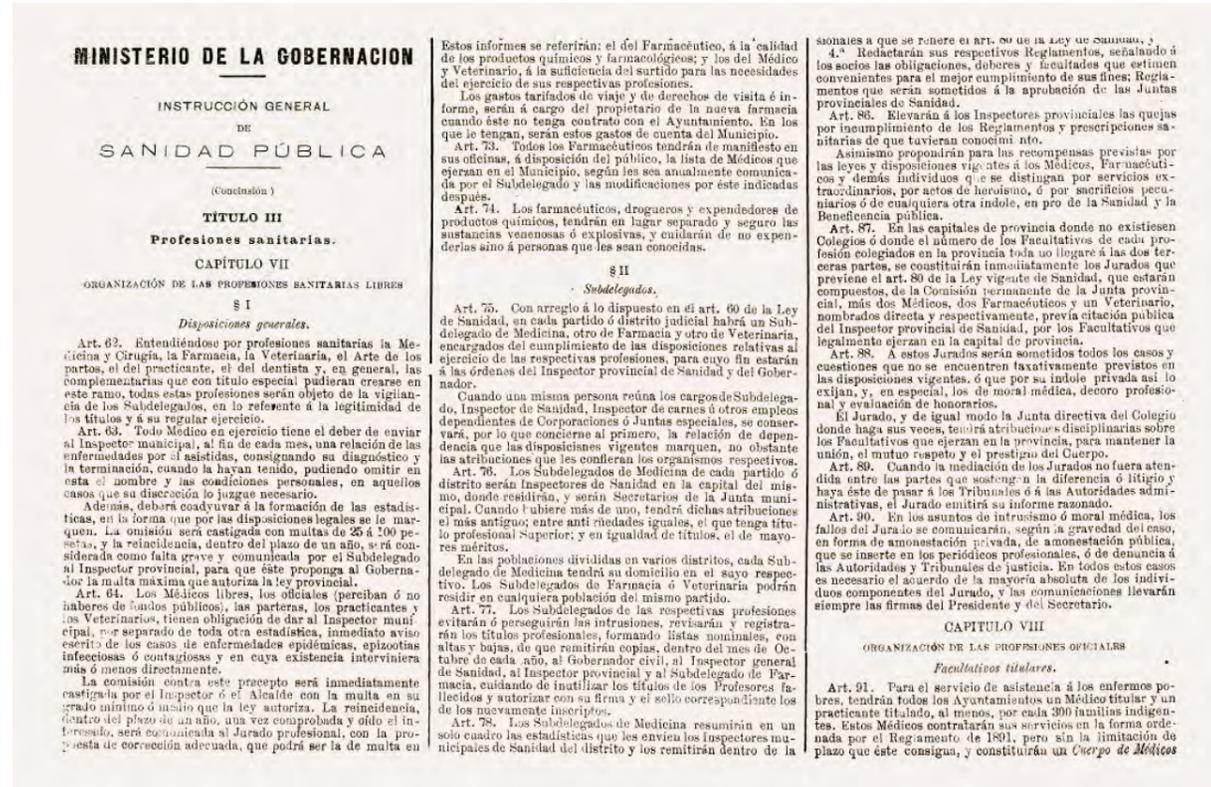
(veterinarios) para efectuar la inspección de la carne destinada a consumo humano. Aquel año, el mismo consistorio publicaba un reglamento sobre carnes y dos años más tarde se les encargaba a otros veterinarios la inspección de la leche y el pescado en concordancia con el reglamento aprobado el 14 de diciembre, según el cual eran denominados como "Inspectores de Víveres".

Durante estos dos últimos siglos, la Administración ha tenido un papel fundamental puesto que surgieron los primeros análisis con rigor científico. La legislación en materia de seguridad alimentaria nació con el objetivo de prevenir riesgos y controlar el estado sanitario del procesado en la fábrica y fuera de ella. Las primeras medidas de vigilancia y control fueron vistas desde el sector comercial como un menoscabo de sus intereses. A finales del siglo XIX surge una normativa de carácter local que regulaba la manufacturación de harinas y derivados. Esta indicaba la obligatoriedad de normalizar medidas, lo que no fue del agrado del gremio.

En Barcelona, a principios del siglo XX, ocurrió algo similar. Las leyes podían pecar de cierta ambigüedad, por lo que la capacidad final de ejecución recaía en las autoridades municipales. Algunas Reales Órdenes se habían publicado por el auspicio de particulares o entidades privadas. A través del *Real Decreto Orgánico de Sanidad de 17 de marzo de 1847*, de la *Real Orden sobre el Reglamento organizativo y atribuciones del Consejo y las juntas de sanidad de 26 de marzo de 1847*, del *Reglamento para las subdelegaciones de sanidad del Reino de 24 de julio de 1848* y de la *Ley Orgánica de Sanidad de 28 de noviembre de 1855*, se dotaba a España de una organización sanitaria integral. Esta última Ley desarrollaba el papel vital de los veterinarios en los municipios. A partir de la *Real Orden de 5 de enero de 1887* se recomendaba a los consistorios la creación

“Las empresas destinadas al procesamiento de alimentos promovieron una modernización desde el punto de vista económico y de seguridad alimentaria”.

de laboratorios municipales, obligatorios desde 1908 para aquellos superiores a diez mil habitantes. La *Real Orden de 24 de febrero de 1859* regulaba las normas de actuación de los Inspectores de Carnes y señalaba la necesidad de que hubiera mataderos en los municipios de más de dos mil habitantes. La inspección aduanera de la carne, establecida en 1883, también se le encomendó a un veterinario. La *Real Orden de 8 de febrero de 1885* supuso el fin de las prerrogativas que hasta ese momento poseían los veedores en detrimento de los veterinarios, ya que aquellos usurpaban las funciones que correspondían a los segundos. Los "Inspectores de Carnes", figuras presentes en los consistorios con el objetivo de la vigilancia sanitaria en los mataderos, surgieron de acuerdo con el *Reglamento de 25 de febrero de 1859*. Su vigencia fue efectiva tras la *Real Orden de 25 de septiembre de 1872* con una asignación anual. Las funciones de estos fueron posteriormente asumidas por los veterinarios titulares municipales desde 1904; en este año nació el cuerpo de sanitarios rurales. La figura de inspectores provinciales de sanidad recaía en subdelegados de sanidad (o en médicos y veterinarios municipales), designados por los gobernadores que daban cuenta al Ministerio, si bien su efectividad debería esperar a la *Instrucción General de Sanidad de 1904* que dotaría a los ayuntamientos de competencias en salubridad y les obligaría a la contratación de médicos y veterinarios. En las poblaciones mayores de 100 000 habitantes podrían nombrarse varios inspectores provinciales. Solo a los inspectores provinciales y a los de distrito y municipales correspondía proponer a las autoridades las medidas oportunas para el control higiénico-sanitario. También en 1904 se promulgó el *Reglamento de Policía Sanitaria de los animales domésticos*. En 1908, por el *Real Decreto de 22 de diciembre*, aparece el *Reglamento sobre el control y vigilancia de alimentos*, donde se tomaban medidas en contra del fraude alimentario.



Extracto de la Instrucción General de Sanidad de 1904.

Gaceta de Madrid de 23 de enero de 1904.

LA SALUD PÚBLICA Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

Desde que C.E.A. Winslow propusiera en los años veinte una definición muy amplia sobre la Salud haciendo hincapié en la enfermedad y el paradigma higiénico-sanitario, sin obviar la dimensión social y la naturaleza colectiva, han existido innumerables científicos que se han centrado en el análisis y estudio conceptual, como Martin M. Kaplan, Milton Terris, Julio Frenk o Mario Testa.

La Salud Pública pretende *"conseguir en la colectividad prevenir la enfermedad, prolongar la vida, proteger y promover la salud y el bienestar, a través de esfuerzos organizados de la comunidad, por la aplicación práctica de disposiciones legislativas"*. Según la OMS, es la *"Ciencia y arte de impedir la enfermedad, prolongar la vida y fomentar la salud y eficiencia mediante el esfuerzo organizado de la comunidad para que el individuo en particular y la comunidad en general se encuentren en condiciones de gozar de su derecho natural a la salud y longevidad"*. Debe ser una responsabilidad inexorable de todos los gobiernos, cuyas acciones deberían ir encaminadas hacia la Protección y la Promoción de la Salud, siempre enmarcadas en la información a la sociedad, esto es, la Educación para la Salud.

En el contexto de las enfermedades emergentes hemos de subrayar una serie de alimentos de origen animal (y no animal, como vegetales), que también pueden servir de vehículo indirecto de agentes de enfermedades infectocontagiosas. Desde tal punto de vista se considera que: (1) los alimentos son una vía principal de emergencia de zoonosis; (2) cualquier tipo de alimento puede estar implicado; (3) todos los tipos de agentes pueden actuar en este sentido; y, (4) la industria alimentaria, desde la producción al consumo, posee interés en cuanto a emergencia de la enfermedad y las zoonosis.

Escherichia coli enterohemorrágica (EHEC)

La mayoría de las cepas de Escherichia coli (E. coli) son inocuas. Sin embargo, algunas, como por ejemplo la E. coli enterohemorrágica (EHEC) implican peligro para la salud y la vida de las personas

Período de incubación
3-8 días

Una vez en el estómago humano, la E. coli (EHEC) comienza a producir toxinas que provocan graves enfermedades

Síntomas de enfermedades provocadas por E. coli (EHEC)

- Espasmos de los músculos lisos del aparato digestivo
- Diarrea (en algunos casos, con sangre)
- Fiebre
- Náuseas

Complicaciones
Síndrome urémico hemolítico (SUH)

Tasa de letalidad **3-5 %**

FUENTES DE INFECCIÓN

El ganado vacuno y otros ruminantes son portadores principales de E. coli (EHEC)

La carne sometida a un tratamiento térmico insuficiente y la leche no pasteurizada

Verduras y frutas (excrementos de animales infectados acaban en los embalses)

Para destruir las bacterias se requiere una temperatura de al menos 70°C

mundo.sputniknews.com

Principales características de Escherichia coli enterohemorrágica (EHEC).

Los avances en cuanto a producción animal han supuesto la presencia de cambios en la tecnología de los centros productivos primarios, lo que influye directamente sobre la aparición de agentes infectocontagiosos. De hecho, en la explotación, los sistemas de producción intensiva de mamíferos y aves, con sus modernos programas de manejo, facilitan la aparición de patógenos respiratorios y entéricos; la selección de razas de alta producción implica contrapartidas importantes en el aspecto sanitario por su mayor susceptibilidad a los agentes. El destete precoz, las ajustadas dietas y otras prácticas facilitan con frecuencia diversos problemas de salud de carácter infeccioso. Los residuos de las explotaciones animales, purines y aguas residuales, asimilan gran cantidad de nitrógeno y fósforo, que pueden contribuir al desplazamiento del oxígeno, a la eutrofización y a la aparición de algas tóxicas. Tales condiciones se han asociado con brotes de enfermedad en peces por patógenos como *Pfiesteria piscicida* en el agua de ríos, lagos o lagunas. Muchos microorganismos patógenos presentes en los residuos de las explotaciones animales también representan un peligro desde el punto de vista de la seguridad alimentaria cuando se utilizan para el riego por aspersión o por inundación, de pastos o de huertas donde se producen vegetales de consumo humano en fresco, como se ha acreditado repetidas veces en el caso de *Cryptosporidium* spp., *Coccidioides* spp., *Giardia* spp., *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Listeria* spp. o *Brucella* spp., todos ellos agentes de zoonosis. De igual modo, estos agentes y otros han estado implicados en la contaminación de agua de abastecimiento humano o animal.

La acuicultura es uno de los sectores de producción de alimentos con destino al hombre que más se ha desarrollado en los últimos años, esencialmente porque la pesca convencional ha alcanzado

en muchos lugares el límite de su compatibilidad con la supervivencia de muchas especies de peces en su medio natural. A medida que se progresa en este tipo de producción intensiva, se manifiestan procesos hasta ahora desconocidos, como las infecciones por *Aeromonas hydrophila* y otras oportunistas, que coinciden con situaciones de inmunodepresión.

En cuanto al procesado de alimentos, supone un estrés que condiciona la supervivencia de patógenos de transmisión alimentaria; sin embargo, pueden aparecer patógenos emergentes con capacidad de vivir en las condiciones del procesado. Cuando esto ocurre, el riesgo de contagio puede sorprender y causar brotes explosivos. Es muy conocido el uso de películas de plástico en la comercialización de vegetales, setas crudas u otros alimentos como embutidos, salazones, etc. El ambiente anaeróbico interior favorece la germinación de endosporos de *Clostridium botulinum*. A la lista de agentes patógenos habituales transmitidos por alimentos, entre los que se incluyen *Campylobacter jejuni* y *C. coli*, *Salmonella enterica* (*enteritidis* y *typhimurium*, fundamentalmente), *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, y algunos otros, se suman en la actualidad otros patógenos, potenciales agentes zoonóticos de transmisión alimentaria, incluyendo bacterias, hongos y virus. Se incluyen, por ejemplo, *Laribacter hongkongensis*, *Plesiomonas shigelloides*, que se relaciona con la posible presencia de una toxina preformada en huevos y pescados, *Streptococcus zooepidemicus*, implicado en un brote de enfermedad en el que se identificó el consumo de leche contaminada de la que se aisló el agente, *Streptococcus suis*, de los que se contabilizan ya un centenar largo de casos en los que se ha implicado el serotipo 2, incluso con mortalidad, *Campylobacter concisus*, *Hafnia alvei*,

Escherichia alberti, *Helicobacter canadensis* y algunos más. Sin duda nos encontramos ante uno de los desafíos de la Higiene, Inspección y Seguridad Alimentarias para el tercer milenio.

Por otra parte, los hongos no son ajenos a este problema, como sucede en el caso de *Penicillium nordicum*, aislado de carnes curadas y del que se han descrito variantes capaces de producir ocratoxina A, o de *Saccharomyces cerevisiae* (var. *S. boulardii*) asociado a preparaciones de probióticos de composición no definida con capacidad invasiva. Las virosis de transmisión alimentaria están adquiriendo también protagonismo. Suelen ser estables en el medio ambiente y resistentes a ácidos débiles. En general, el patrón de virus de origen animal transmisible por alimentos tiene un tropismo entérico, infecta el epitelio intestinal y se elimina por heces y vómito en grandes cantidades, con una dosis infecciosa baja.

INTOXICACIONES Y TOXIINFECCIONES DEL PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Colibacilosis

Aquí se incluye *Escherichia coli*, bacilo Gram-negativo móvil, con antígeno capsular, somático y flagelar (para serotipificar las cepas diarreicas se miran los antígenos O y H), lactosa(+) y oxidasa(-). Se clasifica en seis grupos: a) ETEC (enterotoxigénica). Provoca diarrea in-

fantil en países en vías de desarrollo, así como la "diarrea del viajero". Coloniza intestino delgado, se adhiere con fimbrias y produce enterotoxinas lábiles o estables al calor que causan acumulación de fluidos y diarrea. Los serotipos frecuentes son: O6, O8, O15, O25, O27, O128, O159 y O167. b) EPEC (enteropatógena). Esta variedad puede causar diarrea grave en bebés. Induce lesiones en las células donde se adhieren y puede invadir células epiteliales. Los principales serotipos incluyen: O55, O86, O111ab, O125ac, O126, O127, O128ab y O142. c) EIEC (enteroinvasiva). Se caracteriza por causar diarrea sin sangre y disentería similar a la causada por especies de *Shigella* spp., invadiendo y multiplicándose en el interior de las células intestinales. La capacidad de invasión se asocia a la presencia de un plásmido. Los serotipos más frecuentes son: O28ac, O29, O112, O124, O143, O144, O152, O164 y O167. d) EHEC (enterohemorrágica). De gran relevancia, se identificó por primera vez en el hombre en los años ochenta, cuando *E. coli* O157:H7 fue identificada como causante de 2 brotes de diarrea sanguinolenta. Este serotipo es la principal causa de enfermedades asociadas con ECEH en EEUU y en otros países desarrollados. Todas las cepas ECEH producen factores citotóxicos para las células de tipo "vero", motivo por el que son conocidas como "verotoxinas", similares también a las "Stx" (shigatoxinas) de *S. dysenteriae*. Por eso mismo también se suelen ver las siglas STEC y/o VTEC, al ser productores de shiga/verotoxinas. Las infecciones de *E. coli* productoras de "Stx" se relacionan con el síndrome urémico hemolítico (SUH), de carácter grave e incluso mortal. Los principales serotipos

“La carne de pollo y los huevos son los principales reservorios de la *Salmonella* spp.”.

distintos a O157:H7 incluyen O26:H11, O111:H8, y O157:HM. e) ADEC (adherentes difusa). Asociadas con diarreas suaves y no sanguinolentas, en general no producen enterotoxinas termolábiles o termoestables ni elevadas cantidades de "Stx". Se presentan en niños de hasta 5 años de edad. Los serotipos más importantes son: O1, O2, O21, y O75. f) EAEC (enteroagregativa). Relacionada con un tipo de diarrea persistente en niños, se caracteriza por su capacidad para producir un patrón típico de adherencia en las células *HEp-2*, lo que les otorga a las mismas una apariencia de pila de ladrillos. Los serotipos más importantes son: O3, O15, O44, O77, O86, O92, O111 y O127.

Shigelosis

Bien es sabido que las especies de *Shigella* spp. son causantes de la disentería bacilar, caracterizada por deposiciones sanguinolentas y mucosas acompañadas de cólicos abdominales dolorosos. La producción de enterotoxinas (shigatoxinas) en intestino delgado probablemente sea la causa de la diarrea que precede a la disentería. Asimismo, *Shigella* spp. puede invadir células epiteliales intestinales, multiplicarse intracelularmente y propagarse entre las células. Es autolimitante; en caso de no ser tratada, la clínica persiste durante 1-2 semanas y el enfermo se repone. Con las bajas dosis infecciosas requeridas para causar enfermedad, así como por la transmisión oro-fecal, no sorprende que la disentería causada por *Shigella* spp. ocurra después de diversos desastres naturales y causados por el hombre. Hay que destacar que los brotes de shigelosis en los alimentos suelen suceder después de la planta de procesamiento, por culpa de una incorrecta manipulación: la causa de contaminación es la insuficiente higiene personal de los manipuladores; el almacenamiento incorrecto de los alimentos, la mala cocción, un equipo contaminado, etc. *Shigella* spp. incluye cuatro especies: *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii* y *S. sonnei*. Como miembros de la familia *Enterobacteriaceae*, son genéticamente similares a *E. coli* y muy próximas a *Salmonella* spp. Presentan la particularidad de su incapacidad de fermentar la lactosa. Como ya se ha comentado, EIEC presenta propiedades patogénicas y bioquímicas similares a *Shigella* spp., lo que origina problemas para distinguir entre ambos en un diagnóstico.

Campilobacteriosis

El microorganismo (*Campylobacter jejuni*) tiene forma de S o bacilar espiral, es Gram-negativo, no esporulado, móvil y microaerófilo. Además, es sensible a la desecación, no crece a temperaturas inferiores a 30°C y le afecta negativamente el pH ácido (2,3) y el oxígeno. De hecho, este patógeno no debería sobrevivir en alimentos que han alcanzado la temperatura de cocción idónea. Por otro lado, *C. jejuni* es sensible a la radiación gamma y la congelación reduce el número de colonias en carne contaminada de ave. Animales como conejos, roedores, aves, óvidos, caballos, bóvidos, cerdos, etc., actúan como reservorio de este agente, al igual que está presente en aguas de suministro público, lo que convierte también a las verduras, frutas y productos pesqueros en potenciales peligros. El cuadro clínico puede durar hasta una semana y va desde asintomático hasta grave: fiebre alta, cólicos abdominales que se confunden con apendicitis y diarrea (con o sin sangre). Asimismo, pueden surgir complicaciones como peritonitis, infecciones urinarias, síndrome de Guillain-Barré, endocarditis y meningitis.

Salmonelosis

Salmonella spp. incluye bacilos Gram-negativos y anaerobios facultativos. Aunque la mayoría son móviles por disponer de flagelos peritricos, existen variantes no flageladas como *S. pullorum* y *gallinarum*. Las variedades de *Salmonella* spp. pueden



PATÓGENO	%	FUENTE DE CONTAMINACIÓN
<i>Salmonella enteritidis</i> y <i>S. typhimurium</i>	41,5	Huevos y preparaciones con huevos crudos o poco cocidos (pastelería, mayonesas, etc.)
<i>Clostridium perfringens</i>	12,2	Carnes poco cocinadas, aves de corral, salsas
<i>Bacillus cereus</i>	11,2	Carnes precocinadas, arroz, pasta
Virus	10,1	Agua, interhumana, moluscos y pescados
<i>Staphylococcus aureus</i>	7,9	Leche
<i>Escherichia coli</i> , en especial <i>E. coli</i> O157:H7	5,6	Agua, carne, productos lácteos no pasterizados, interhumana
Histamina	5,0	Pescados mal conservados
<i>Shigella</i> spp.	2,4	Interhumana
<i>Campylobacter jejuni</i>	0,8	Aves de corral
<i>Clostridium botulinum</i>	0,2	Conservas caseras, pescados o productos cárnicos salados o ahumados
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,1	Carne de cerdo, vegetales

Tabla comparativa de la incidencia de diversos patógenos alimentarios y principal fuente de contaminación.

www.invs.sante.fr



adaptarse a condiciones ambientales adversas: algunas son capaces de crecer a elevadas temperaturas (54°C) y otras muestran propiedades psicrotróficas. Su temperatura óptima de crecimiento es 37°C y catabolizan la glucosa y otros hidratos de carbono produciendo ácido y gas. Son oxidasa (-), catalasa (-) y ureasa (-). Presentan antígenos somáticos, flagelares y capsulares, presentes solo en los serotipos *typhi*, *paratyphi* y *dublin*. La especie más frecuente en toxiinfecciones alimentarias es *S. enteritidis*. Puede crecer en alimentos congelados o a temperatura ambiente. También entre rangos de pH desde 4,5 hasta 9,5, con un pH óptimo de crecimiento de 6,5-7,5. Los ácidos propiónico y acético son más bactericidas que el láctico y el cítrico. La carne de pollo y los huevos son sus principales reservorios, así como frutas y verduras por una incorrecta limpieza. Suele ser autolimitante y se caracteriza por fiebre alta, náuseas y vómitos, dolores abdominales y diarrea no sanguinolenta durante menos de una semana. La salmonelosis conlleva diferentes trastornos como fiebre entérica, síndrome de Reiter, espondilitis anquilosante, etc.

Clostridiosis

La toxiinfección ocasionada por *C. perfringens* tipo A es una de las más frecuentes desde el punto de vista alimentario. Suele ocurrir en aquellos comedores donde se prepara comida con demasiada antelación y después se conserva a temperatura ambiente hasta que es servida. Los alimentos proteicos son los principalmente afectados, ya que *C. perfringens* no puede producir trece de los veinte aminoácidos que requiere para multiplicarse. La temperatura óptima de crecimiento está en torno a 43°C. Aparte de que sus células vegetativas toleran bastante bien las temperaturas elevadas, presenta esporas con gran resistencia frente al calor. De hecho, el cocinado incompleto puede inducir la germinación de esporas que han sobrevivido al calentamiento; si el alimento es enfriado inadecuadamente, las células vegetativas producidas a partir de las esporas pueden multiplicarse con rapidez. Cocinar minuciosamente los alimentos es el mejor método de prevenir las enfermedades de transmisión alimentaria producidas por *C. perfringens*. Esto es particularmente importante para los grandes asados, pavos y pollos. *C. perfringens* tiene la habilidad de crecer rápidamente, doblando su número en menos de 10 minutos. Se trata de un bacilo Gram-positivo, encapsulado y no móvil que causa un amplio espectro de enfermedades en el hombre y animales. Se considera anaerobio, pero tolera una moderada exposición al aire. Produce dos toxinas activas, por un lado la enterotoxina

(toxiinfección de tipo A), y por otro, la β -toxina (enteritis necrótica, tipo C). La sintomatología asociada al tipo A se desarrolla entre 8 y 16 horas desde la ingestión del alimento contaminado, con una duración de hasta 24 horas. Aparecen diarreas y cólicos abdominales severos. No son típicos ni los vómitos ni la fiebre.

Bacillus cereus

Aunque a *Bacillus cereus* en ocasiones se le haya considerado un patógeno de segunda fila, cada vez se están reportando más casos de intoxicaciones por este microorganismo a nivel mundial. El microorganismo produce dos toxinas. Las células que crecen en el alimento producen una toxina emética de rápida actuación (hasta seis horas después de la ingestión), mientras que las células de *B. cereus* en crecimiento vegetativo en el intestino delgado producen una enterotoxina que causa diarrea y cólicos (entre las 6 y las 14 horas). Los brotes suelen asociarse al consumo de carne, arroz, pasta y salsas. El agente es esporulado, Gram-positivo y algunas cepas son móviles por sus flagelos peritricos. La mayoría de las cepas son incapaces de crecer a menos de 10°C, no obstante existen algunas cepas psicrotolerantes que crecen a temperaturas de 4-6°C. Es ubicuo y se aísla frecuentemente de suelos y plantas. Es especialmente problemático en los lácteos, ya que las esporas presentes en el suelo se propagan hasta la ubre de las vacas y de ahí a la leche cruda. Las esporas pueden sobrevivir la pasterización y germinar. Por

ello, el factor de mayor relevancia que hay que considerar es si el enfriamiento es demasiado lento y algunas partes del alimento conservan temperaturas de entre 10 y 60°C durante más de 4 horas o el recalentamiento es lento. La intoxicación por *B. cereus* con la toxina diarreica presenta una sintomatología y un período de incubación similares a *C. perfringens*.

Listeriosis

La listeria es un patógeno ampliamente distribuido, resistente a las condiciones ambientales adversas y psicrotrofo. Su denominación se debe al "padre" de la desinfección y la antisepsia, Joseph Lister. Es un bacilo Gram-positivo, no esporulado, no capsulado, móvil por contener flagelos peritricos, anaerobio facultativo, catalasa (-) y oxidasa (-). Crece en medios de cultivo a pH de hasta 4,4. Su temperatura óptima de crecimiento está entre 30 y 37°C. De hecho, debido a que la refrigeración casera en muchos casos se encuentra alrededor de 10°C, se ofrece un ambiente donde lis-



¿QUÉ ES EL BOTULISMO?
Es una enfermedad producida por la toxina del bacilo *Clostridium botulinum* que provoca una parálisis en el sistema nervioso.

Los alimentos contaminados pueden tener aspecto y sabor normales.

En el caso de las latas, hay que descartar las que se ven abultadas o hinchadas.

Es una de las más potentes toxinas bacterianas que actúa inhibiendo la liberación de mediadores químicos en las terminaciones nerviosas.

CAUSAS

- Ingesta de conservas caseras de hortalizas, futas, embutidos y mariscos (almejas, mejillones), en mayor parte de los casos.
- Las latas envasadas comercialmente. Aunque rara vez están contaminadas.
- Comer verduras frescas crecidas en suelos contaminados con las esporas del *Clostridium botulinum*.

PREVENCIÓN

Se deben esterilizar los alimentos enlatados caseros, cocinándolos en una olla a presión a 120° C durante 30 min.

LOS SÍNTOMAS

- Visión doble
- Pupilas que no reaccionan a la luz
- Boca seca, náuseas, dificultad para tragar.
- Tórax inmóvil. Dificultad para respirar.
- Extreñimiento
- Parálisis de la extremidades suele ser bilateral.

Clostridium botulinum

teria puede competir con éxito contra los patógenos mesófilos. *L. monocytogenes* crece en grandes cantidades a concentraciones de sal moderadas (6,5%). Incluso es capaz de crecer en presencia de 10-12% de cloruro sódico. *Listeria monocytogenes* es una de las 6 especies del género *Listeria*. Únicamente esta y *L. ivanovii* son patógenas. El primer brote debido a *L. monocytogenes* ocurrió en 1981 al ingerir una ensalada de col en malas condiciones. Con posterioridad se ha venido encontrando también en quesos, leche, pollo y pescado. Aunque la enfermedad es esporádica, cuando se presenta es grave ya que puede provocar meningitis, septicemia y abortos. El peligro de las listerias radica en su ubicuidad, encontrándose en suelos, plantas en descomposición, excrementos, aguas residuales y en especies animales y en el hombre. Aunque la pasterización de la leche reduce el número de listerias hasta niveles que no suponen ningún riesgo para la salud, las listerias pueden crecer con rapidez en la leche ya pasterizada. Igualmente, *L. monocytogenes* sobrevive a la maduración del queso gracias a su resistencia a la temperatura, a la capacidad de crecer en frío y a su tolerancia a la sal. Por otra parte, el requesón, los quesos madurados un mínimo de 2-3 meses y el yogur son alimentos sin peligro. En cuanto a la carne, *L. monocytogenes* crece mejor en la de aves y el embutido permite un menor crecimiento. Se sabe que las células de *Listeria* spp. se adhieren a la superficie de carnes crudas siendo difícil eliminarlas o destruirlas. Los productos marinos no están exentos de sufrir listeriosis, bien en fresco o congelados y procesados. Es fundamental el tratamiento por el calor de estos productos para evitar la patología. Los vegetales pueden contener listerias al contactar con fómites durante el procesado en la planta. Incluso pueden adherirse a superficies inertes como el acero o el vidrio. La listeriosis afecta a personas embarazadas, recién nacidos y adultos inmunodeprimidos, preferentemente. Pocas veces aparece casuística en individuos sanos. En adultos causa septicemia, meningitis y meningoencefalitis, con una tasa de mortalidad del 25-50%. Puede causar abortos durante el embarazo.

▲
Alimentos que pueden contener listerias: brotes, fiambres, pescado ahumado, queso y leche.

schoolphotoproject.com

“La listeria es un patógeno ampliamente distribuido, resistente a las condiciones ambientales adversas”.

▲
Cuestiones a considerar respecto a *Clostridium botulinum*.

www.losandes.com.ar

Estafilococosis

Los estafilococos son bacterias Gram-positivas, esféricas, catalasa (+), coagulasa (+) y pertenecen a la familia *Micrococcaceae*. Casi todas las intoxicaciones se deben a *Staphylococcus aureus*. Producen múltiples toxinas que se nombran con una letra según el orden de su descubrimiento; las enterotoxinas A, B, C, D y E son las principales. Este tipo de toxinas se producen en pequeñas cantidades durante casi toda la fase de crecimiento exponencial. La estafilococosis es un proceso gastroentérico causado por el consumo de alimentos que contienen dichas enterotoxinas producidas en el alimento contaminado, no requiriendo el crecimiento microbiano en la persona o animal que haya ingerido el alimento en mal estado. De hecho, se han dado casos debidos a alimentos donde el microorganismo había sido destruido, pero las toxinas permanecían allí. La toxina estafilocócica no se destruye ni por el enlatado ni por el calor. El hombre es el principal reservorio de *S. aureus*. Aunque el principal lugar de colonización

es el interior de la nariz, también se halla presente en la piel. Se propaga por contacto directo o por medio de las gotas de Flügge. La mayoría de las intoxicaciones alimentarias por *S. aureus* se deben a alimentos contaminados por humanos durante su preparación. Después de los vómitos, cólicos abdominales, diarrea y carencia de fiebre, los afectados se recuperan en uno o dos días, es autolimitante.

Vibriosis

De las veinte especies de *Vibrio* que han sido identificadas hasta la actualidad, al menos una docena son capaces de causar infección en humanos, aunque a excepción de *Vibrio cholerae* y *V. parahaemolyticus*, se conoce poco sobre los mecanismos de virulencia que utilizan. Los vibrios están asociados con una gran variedad de productos marinos. Aproximadamente el 40-60% del pescado presente en los supermercados contiene especies de *Vibrio*, siendo *V. parahaemolyticus* y *V. alginolyticus* los aislados con más frecuencia. Asimismo, durante



▲
6º Plan Estratégico (2016-2020) promovido por la Oficina Internacional de Epizootias (OIE).

www.oie.int

la temporada estival se aíslan vibrios en mariscos. Generalmente, los vibrios son sensibles al frío y los productos pesqueros pueden protegerse si están refrigerados. El procesado térmico es un método efectivo para reducir la carga microbiana. El proceso de depuración, mediante el cual los moluscos filtradores son purificados por bombeo de agua a través de sus tejidos, elimina *Salmonella* spp. y *E. coli*, pero no *Vibrio* spp. De hecho, las diarreas debidas a vibrios están relacionadas con el consumo de pescado o marisco crudo, cocido inadecuadamente o cocido y re-contaminado. El periodo de patencia puede durar de 4 a 30 horas tras ingerir el alimento contaminado. En la mayoría de los individuos, los síntomas remiten antes de una semana.

En cuanto a *V. vulnificus*, se caracteriza por ser muy patógeno y es frecuente en zonas costeras de países templados, aunque no se suele encontrar en las costas españolas por la temperatura del agua y la salinidad del Mar Mediterráneo. En EEUU es la causa principal de muertes registradas por enfermedades de transmisión alimentaria. Puede causar también una necrosis de tejidos en heridas infectadas contaminadas con agua de mar. La enfermedad por consumo de ostras se caracteriza por un periodo de incubación de entre 7 horas y varios días, con fiebre, escalofríos, náuseas e hipotensión, pero sin diarrea. También es relevante el caso de *V. cholerae* O1, que causa el cólera, una de las escasas enfermedades de transmisión alimentaria con potencial epidémico y pandémico. *V. cholerae* forma parte de la flora bacteriana normal y de vida libre de las aguas de estuario. Las infecciones humanas se producen por ingestión de marisco crudo o poco cocinado. La enfermedad que se caracteriza por una diarrea explosiva y deshidratante, aunque en la mayor parte de las personas, las infecciones son suaves o incluso asintomáticas. El periodo de incubación varía de varias horas a 5 días. El comienzo de la enfermedad suele ser súbito, con diarrea acuosa, dolor abdominal y pérdida de apetito. Inicialmente, la deposición es marrón con material fecal, pero cuando

empieza la diarrea, pasa a ser de color grisáceo pálido y con ligero olor a pescado. Finalmente, otros vibrios han sido encontrados en aguas salobres y marinas, tanto en pescados como en mariscos. Entre estos tenemos *V. furnissii*, *V. hollisae*, *V. alginolyticus*. Sin embargo, las infecciones por estos vibrios son poco frecuentes y menos graves.

Yersiniosis

Aquí se incluyen patógenos Gram-negativos, oxidasa (-) y anaerobios facultativos que fermentan la glucosa. Pueden crecer a temperaturas inferiores a 4°C, soportan la congelación y sobreviven en alimentos congelados durante largos periodos de tiempo incluso después de repetidos procesos de congelación y descongelación. De hecho, son un problema creciente en carne envasada al vacío y refrigerada, huevos hervidos, huevina, verduras, queso y productos marinos refrigerados y leche pasterizada. Las cuatro especies patógenas conocidas son: a) *Yersinia pestis*, agente causante de la peste bubónica y pneumónica ("muerte negra"); b) *Y. pseudotuberculosis*, patógeno de roedores que puede causar enfermedad en el hombre; c) *Y. ruckeri*, que afecta a peces de agua dulce; y d) *Y. enterocolitica*, patógeno intestinal, de mayor prevalencia en el hombre. La yersiniosis es una zoonosis. En la fase aguda causa normalmente dolor abdominal por la adenitis mesentérica, lo que puede ser confundido con apendicitis, estando acompañado con fiebre y diarrea inespecífica. Es autolimitante aunque puede derivar hacia una serie de patologías autoinmunes (artritis, uveítis, glomerulonefritis).

Botulismo

Aunque el botulismo es ampliamente conocido por estar asociado a los alimentos conservados en lata, también existen otros dos tipos de botulismo: el de las heridas y el del lactante. *Clostridium botulinum* es un bacilo Gram-positivo anaerobio que sobrevive en suelos y sedimentos marinos por medio de la formación de esporas. Las exotoxinas producidas por las esporas pueden ser de siete tipos (A-G), diferentes antigénicamente. El botulismo humano está asociado a la toxina A, B, E y, en ocasiones, a la F. Los tipos C y D causan el botulismo en animales. Es un microorganismo muy común en suelos y sedimentos, aunque su cantidad y tipo varía geográficamente. Las esporas de *C. botulinum*, habitualmente del tipo A y B, pueden contaminar frutas y verduras. Por el contrario, la leche es resistente porque la lisozima y el ácido caproico impiden la formación de la toxina. Algunos productos donde frecuentemente se detecta contaminación son espárragos, judías, zanahorias, maíz, cebollas, patatas, tomates y melocotones. Las esporas de *C. botulinum* probablemente sean las más resistentes a la radiación, ya que requieren dosis elevadas para ser bloqueadas. El procedimiento más generalizado para inactivar las exosporas es el calor. Asimismo, el nitrito inhibe el crecimiento de *C. botulinum* en los productos crudo-curados, al igual que otros productos como sorbatos, polifosfatos, EDTA, ascorbatos, etc. La gravedad de la patología es variable; la sintomatología aparece entre 12 y 48 horas tras la ingestión de la exotoxina, pero el periodo de incubación en el botulismo del lactante puede durar entre 3 y 30 días, y el de las heridas entre 4 y 14 días. En un primer momento hay náuseas y vómitos, luego alteraciones visuales, incapacidad de hablar, disfagia, fatiga, deficiencia de coordinación muscular y asfisia fatal.

José Manuel Martínez Pérez¹ e Isabel Mauriz Turrado².
1.- Cátedra Timac Agro - CMI Roullier.
2.- Centro de Investigación Médica Aplicada (CIMA).
Universidad de Navarra.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue galardonado en su extensión con el Accésit del Premio "Colegio Oficial de Veterinarios de Valladolid" de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid (2017).

BIBLIOGRAFÍA:

- Adams M.R. y Moss M.O. (1997): Microbiología de los Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza.
- Cordero del Campillo M. y Rojo Vázquez F.A. (Coords.) (1999): Parasitología Veterinaria. Ed. McGraw-Hill/Interamericana, Madrid.
- Krauss H.; Weber A.; Appel M.; Enders B.; Isenberg H. D.; Schiefer H. G.; Slenczka W.; von Graevenitz A. y Zahner H. (Eds.) (2003): Zoonoses – infectious diseases transmissible from animals to humans. American Society for Microbiology Press, Washington.
- Mangas Roldán J.M. (2002): "Evolución de las funciones del Inspector Veterinario 1840-1908", en Actas de las VII Jornadas Nacionales y el II Congreso Iberoamericano de Historia de la Veterinaria, León.
- Palmer S. R.; Soulsby E. J. L.; Torgerson P. R. y Brown D. W. G.: Oxford Textbook of Zoonoses. Biology, Clinical Practice, and Public Health Control. Oxford University Press, Nueva York.
- Rodríguez Ferri E.F. (2000): "Escherichia coli O157:H7 (Un emergente para el siglo XXI)", en Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias 8: 237-262, Madrid.
- Rodríguez Ferri E.F. (2009): Zoonosis emergentes. Actualidad. Conferencias ACNV-Colegio de Veterinarios de Madrid, Madrid.
- Swinker M.; Tester P.; Koltai Attix D. y Schmechel D. (2002): "Human health effects of exposure to Pfiesteria piscicida: A review", en Microbes & Infection 4: 751-762.
- Taylor L.H.; Latham S.M. y Woolhouse M.E. (2001): "Risk factors for human disease emergence", en Philos. Trans. R. Soc. Lond. B: Biol. Sci. 356, 983-989.
- Woolhouse M. E.J. (2002): "Population biology of emerging and re-emerging pathogens", en Trends Microbiol. 10, S3-S7.



EL 40 ANIVERSARIO DE UN PARADIGMA EN EL ANÁLISIS DE CUENCAS SEDIMENTARIAS

UTS T7

14,3 +/-0,14 Ma

UTS T6

16,2 +/-0,14 Ma

UTS T5

POR GONZALO PARDO, ÁNGEL GONZÁLEZ
Y CONCEPCIÓN ARENAS

Las unidades genéticas (Unidades tectosedimentarias, UTS) establecidas en la Sierra de Alcubierre (Cuenca del Ebro), con edades de sus límites según Pérez-Rivarés (2016).

Imagen cedida por C. Arenas.

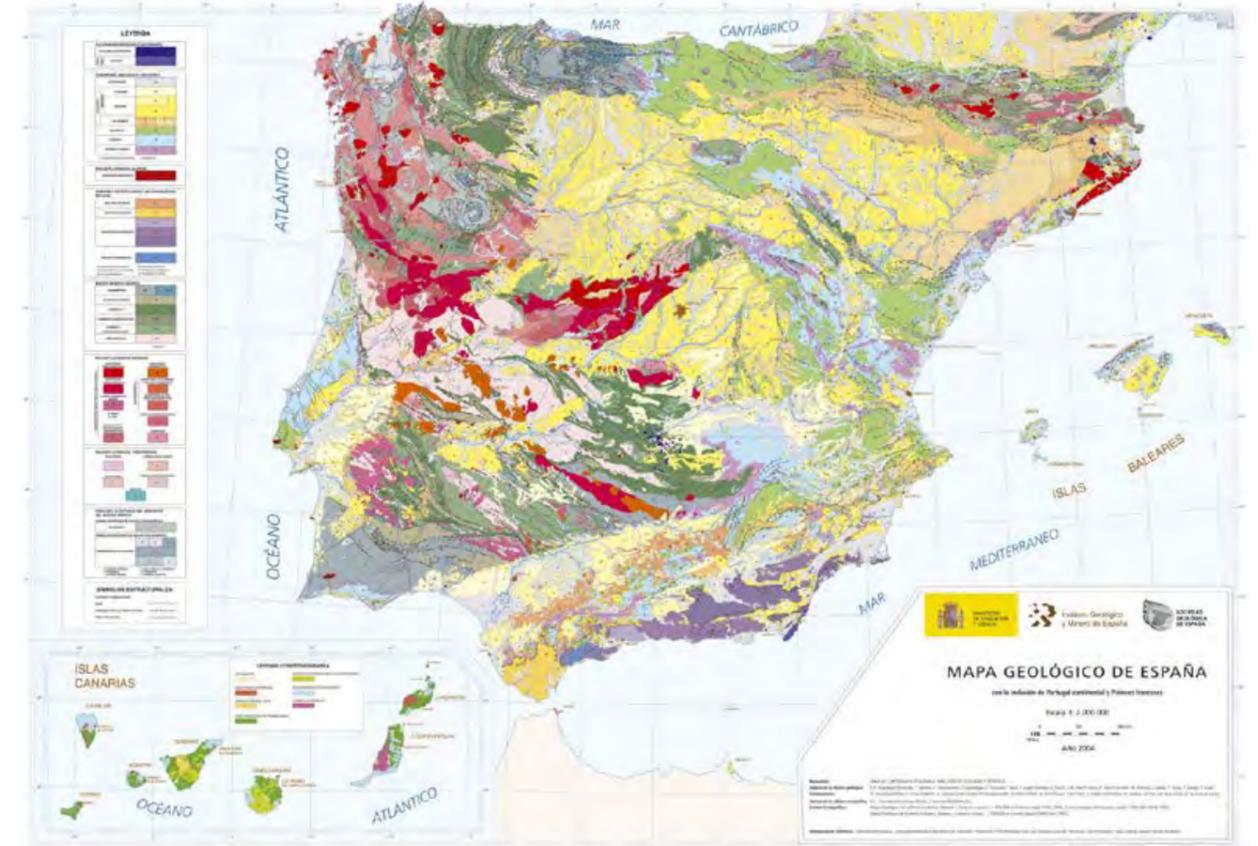


Cuenca sedimentaria de Aliaga (Teruel).
Imagen cedida por C. Arenas.

ALGUNAS DIVISIONES CLÁSICAS DEL REGISTRO GEOLÓGICO

La historia de la Tierra es larga y compleja. Como ente dinámico, su geografía ha experimentado múltiples cambios en la posición de las masas continentales, con varios ciclos de reunión, con formación de cordilleras, y fragmentación, con creación de nuevos océanos. De igual manera, su clima ha variado según ciclos de diferente duración. Sobre este cambiante sustrato físico tuvo lugar la no menos compleja evolución de los seres vivos.

La reconstrucción de esa historia, aún por completar y comprender en muchos aspectos, se hace a partir del *registro geológico*, formado por las rocas de la corteza terrestre. El registro geológico no es completo ni continuo en ninguna parte del planeta, sino que se encuentra repartido en fragmentos en cuencas sedimentarias antiguas o actuales, casi siempre desconectadas unas de otras. La Estratigrafía, desde sus comienzos, se empeñó en ordenar temporalmente el registro geológico de las rocas estratificadas, sean estas ígneas, metamórficas o sedimentarias, consolidadas o no. Pero además de estudiar las relaciones cronológicas de las rocas, analiza su geometría, composición litológica, contenido fósil, propiedades geoquímicas y geofísicas y otras características, propiedades y atributos que permiten interpretar su ambiente de formación y reconstruir su historia.



Mapa Geológico de España,
escala 1: 2.000.000,
donde los distintos
colores corresponden
esencialmente a la edad
de las rocas (*unidades
cronoestratigráficas*).

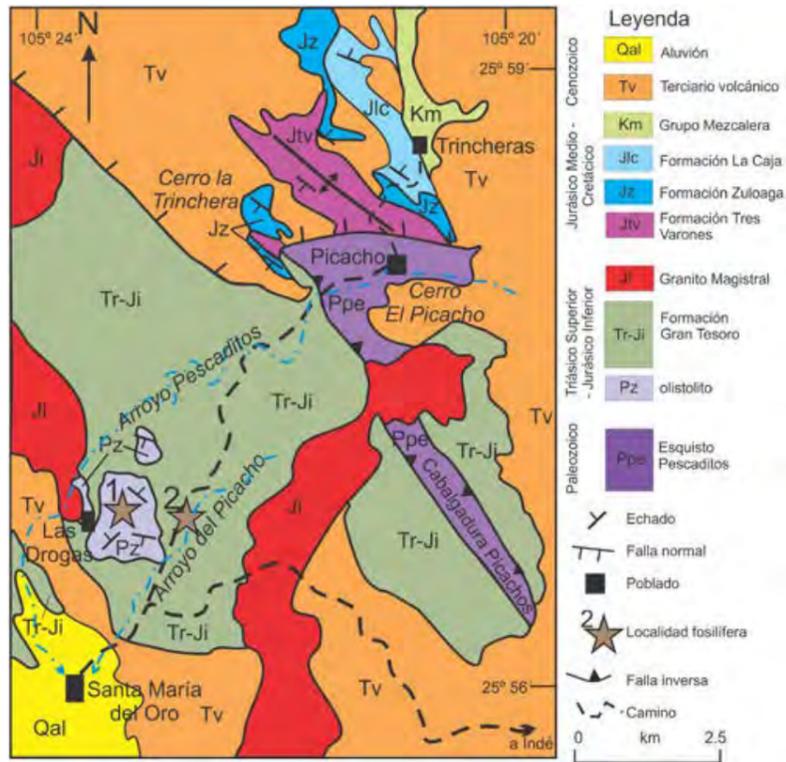
Instituto Geológico y Minero
de España, 2004.

Sin embargo, aun considerando una parte limitada del registro geológico, por ejemplo el existente en una única cuenca sedimentaria, como la Cuenca cenozoica del Ebro, la escala espacial y temporal hace que ese registro sea inabarcable como un todo. Así, su estudio requiere una división inicial en unidades rocosas diferenciables, que según la Guía Estratigráfica Internacional deben ser útiles y *cartografiables*. Ahora bien, son muchas las características de las rocas estratificadas que pueden utilizarse para establecer unidades, y los límites de una unidad definida según una determinada propiedad de las rocas no tienen por qué coincidir con los de las unidades establecidas mediante otras propiedades de las mismas rocas. Existen pues distintos tipos de unidades estratigráficas.

Veamos algunos ejemplos usuales: La característica más universal para definir unidades rocosas es su edad de formación. A estas unidades se les llama *cronoestratigráficas* (p.ej., Paleozoico, Jurásico, Cretácico, etc.). Tienen la ventaja de ser de uso global y, de hecho, si uno consulta mapas geológicos de síntesis, de escala 1:1.000.000 o menor, verá zonas o "manchas" con diferentes colores que, en la leyenda, corresponden a diferentes edades (ver figura). Por supuesto, cada una de estas unidades incluye litologías variadas.

Sin embargo, delimitar unidades cronoestratigráficas conlleva mucho trabajo, especialmente paleontológico; por ello, son poco prácticas en la exploración inicial de un área con vistas a infraestructuras, recursos o riesgos geológicos. En estos casos, cono-

“La Estratigrafía, desde sus comienzos, se empeñó en ordenar temporalmente el registro geológico de las rocas estratificadas”.



Mapa geológico del área de Santa María del Oro-Trincheras, estado de Durango, México, donde los colores corresponden a unidades litoestratigráficas (formaciones y grupos), cuya edad es solamente aproximada y de importancia secundaria.

boletinsgm.igeolcu.unam.mx

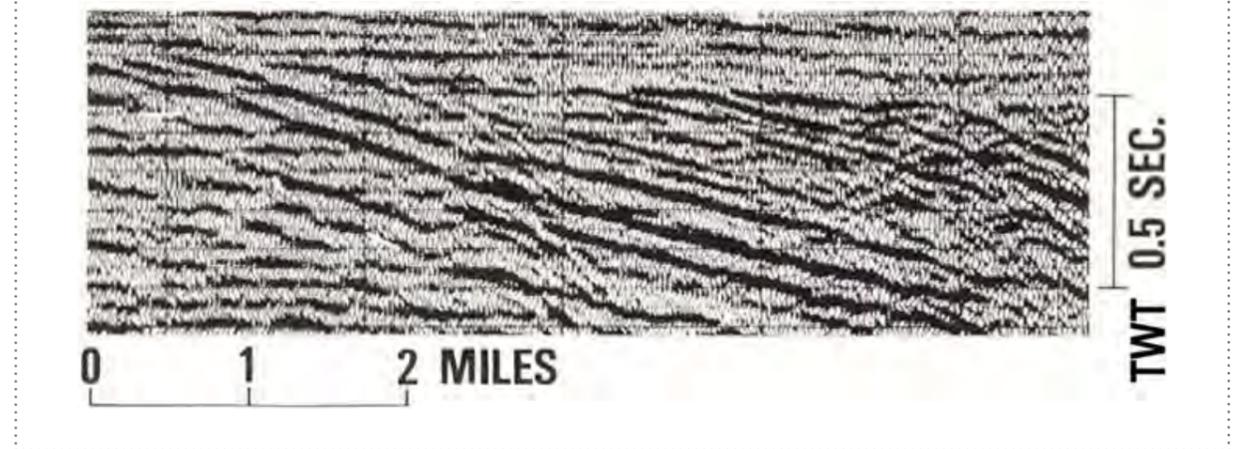


Imagen sísmica donde se aprecia que los reflectores más superficiales, casi horizontales, truncan a los subyacentes, inclinados hacia la derecha. El límite entre ambos conjuntos se utilizará para separar dos depositional sequences. Nótese que la escala

vertical es el mínimo tiempo de viaje de la onda sísmica, desde el foco emisor al reflector y vuelta a un geófono en superficie (two-way travelttime, TWT).

De Mitchum et al., en Payton (1977). basin.earth.ncu.edu

cer la edad de las rocas es un objetivo secundario. Para estas situaciones se utilizan las *unidades litoestratigráficas*: unidades cartográficas que se definen y diferencian de las contiguas exclusivamente por su litología. Los fósiles pueden ser un carácter más de la composición litológica, pero sin implicaciones de edad. Por ejemplo, unas calizas arrecifales pueden diferenciarse como unidad litoestratigráfica, siendo secundario que los corales sean del periodo Devónico o del periodo Jurásico.

Ahora bien, si en una cuenca sedimentaria se diferencian conjuntos de estratos por su contenido en taxones de organismos fósiles, con independencia de la composición litológica de esos estratos, tendremos las *unidades bioestratigráficas*. Como los organismos están sometidos a los procesos irreversibles de la evolución, las unidades bioestratigráficas están directamente relacionadas con la edad geológica y son indicativas de la misma.

EL PARADIGMA ACTUAL: LA ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL

Capítulo aparte tienen las cuencas no accesibles directamente por estar bajo el mar, o aquellas partes de una cuenca que quedan ocultas en el subsuelo. En estos casos, los testigos de sondeos (perforaciones verticales), de existir, pueden servir para diferenciar unidades estratigráficas. Generalmente, la extensión de las unidades así delimitadas es pequeña, salvo que se disponga de una red de sondeos de cierta densidad. Para tener un conocimiento más completo de la distribución espacial de las unidades del subsuelo se aplican otros métodos geofísicos.

“Un reflector sísmico no es un estrato, sino una superficie con propiedades acústicas especiales, prácticamente paralela a las superficies de estratificación”.

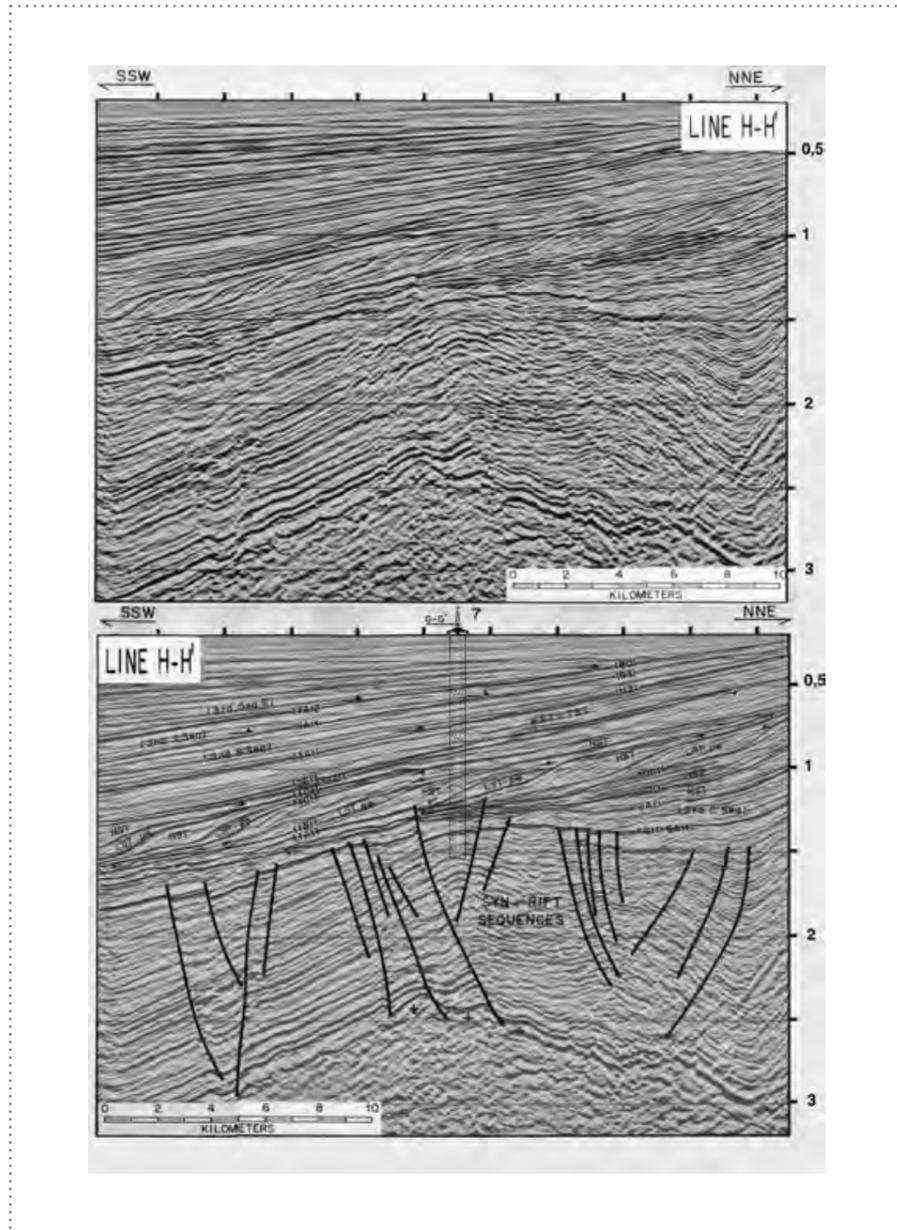
En esta línea, hace ahora 40 años, C.E. Payton editaba la Memoria nº 26 de la American Association of Petroleum Geologists (AAPG), cuyo título habla por sí solo: *Seismic stratigraphy- applications to hydrocarbon exploration*. Se recopilaban en este volumen los métodos con que los petroleros obtenían información geológica mediante la sísmica de reflexión. En esas fechas, las técnicas de adquisición y análisis de las reflexiones de ondas sísmicas generadas artificialmente (mediante explosiones, percusiones, etc.) habían avanzado notablemente y permitían reconocer con claridad *reflectores sísmicos* en materiales del subsuelo. Los reflectores podían trazarse en una extensión que dependía de las líneas de geófonos (o hidrófonos) establecidas en superficie (decenas de km), y hasta la profundidad a que las ondas sísmicas alcanzaban un basamento acústico, donde los reflectores presentaban un patrón caótico, perdiendo toda continuidad.

Un *reflector sísmico* no es un estrato, porque la longitud de la onda sísmica provocada artificialmente es siempre mucho mayor que el espesor de los estratos individuales, pero es una superficie con propiedades acústicas especiales, prácticamente paralela a las superficies de estratificación. En consecuencia, puede decirse que un reflector sísmico es una superficie isócrona con una aproximación de \pm media longitud de onda, lo que puede suponer algunas decenas de metros de espesor de materiales. Pero en definitiva, las relaciones entre reflectores son una imagen fiel de las relaciones geométricas (y temporales) entre grupos de estratos.

A partir de esto, en la memoria citada, un grupo de geólogos de la compañía Exxon, entre los que es ineludible destacar a P.R. Vail, R.M. Mitchum Jr. y S. Thompson III, desarrollaron una metodología de análisis de cuencas con la que, mediante el estudio de los reflectores sísmicos, dividían el relleno de una cuenca sedimentaria en unidades que denominaron *depositional sequences* (secuencias de depósito), y fundaban la Estratigrafía secuencial (*Sequence Stratigraphy*).

Estos autores trabajaban en las cuencas sedimentarias con mayor interés como posibles áreas de yacimientos de hidrocarburos, mayoritariamente las desarrolladas en plataformas marinas de márgenes continentales estables, de tipo atlántico. Como consecuencia lógica, relacionaron la geometría de las *depositional sequences*, que diferenciaban mediante sísmica, con cambios relativos del nivel del mar. Cada secuencia se genera durante un ascenso relativo del nivel del mar, y sus límites vienen dados por los momentos en que se producen caídas relativas del nivel. Esto implica que esas secuencias de depósito sean *unidades estratigráficas genéticas*, es decir, generadas por procesos que afectan a buena parte o toda la extensión de la cuenca. Así, pueden incluir desde ambientes continentales a marinos profundos. Por tanto, una secuencia de depósito englobará litologías (o unidades litoestratigráficas) diferentes.

Como disponían de la sísmica de numerosas cuencas donde había trabajado la compañía, correlacionaron secuencias de depósito de la misma edad en diferentes partes del globo. Par-

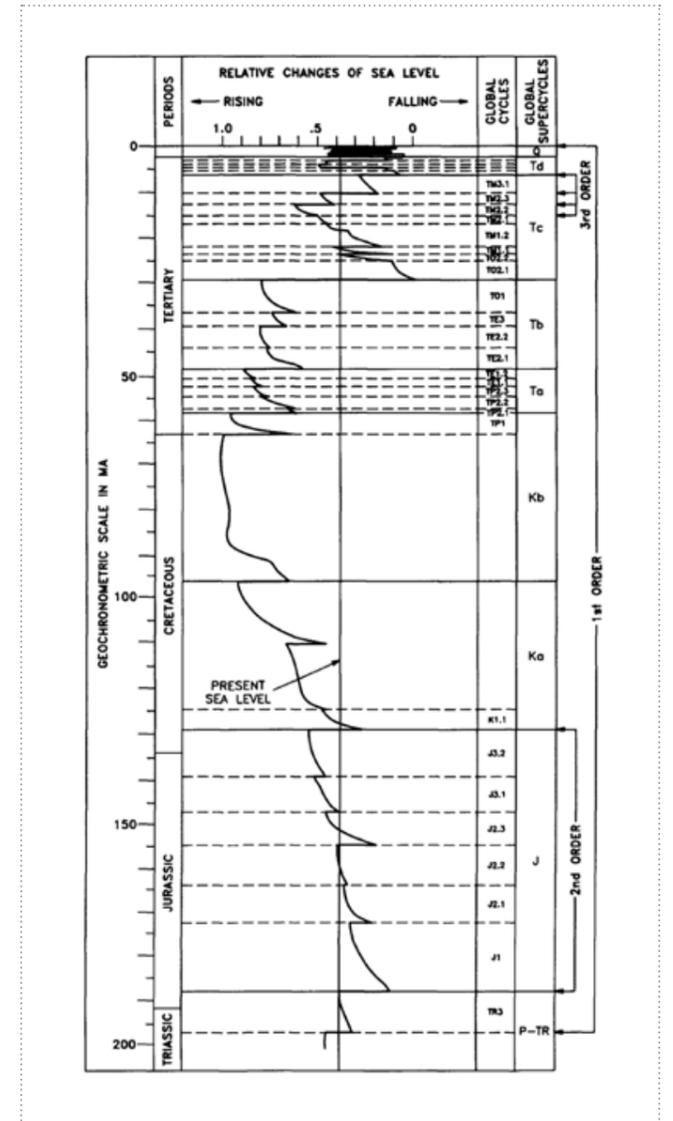


Arriba, imagen sísmica. Abajo, su interpretación según la metodología de la Estratigrafía secuencial, diferenciando las secuencias de depósito *post-rifting*, es decir, posteriores a la formación de las fallas, también trazadas a partir de la sísmica. En este caso se cuenta además con el apoyo de un sondeo. La escala vertical sigue referida al TWT.

crack.seismo.unr.edu

Escala relativa de las variaciones eustáticas durante el Mesozoico y el Cenozoico, según Vail et al., en Payton (1977). Nótese que en el Cretácico solo aparecen los ciclos de segundo orden (Ka y Kb); la razón es que la compañía Exxon no autorizó la publicación de los ciclos globales de tercer orden, como en el resto de ese tiempo. Puede sospecharse que esto ayudó a la credibilidad de la curva: si la compañía no permite revelar unos datos será por demasiado valiosos para facilitárselos a las empresas de la competencia.

Imagen cedida por los autores.



tieron de una premisa: si para una edad determinada un cambio relativo del nivel del mar se detecta en al menos tres cuencas distintas y distantes, tal cambio es de origen eustático, o sea, un cambio absoluto del nivel del mar. Sobre esta base, elaboraron una curva de ascensos y descensos eustáticos a lo largo del Fanerozoico (desde hace 542 Ma hasta la actualidad). Esta curva la refirieron a una escala relativa, que va desde cero, el nivel marino más bajo a lo largo del Fanerozoico, a uno, el nivel más alto. En tal escala el nivel del mar actual está en 0,38 aproximadamente.

Después graduaron esa escala con los datos de otros autores que evaluaban en metros la altura del nivel del mar, con respecto a su nivel actual, en momentos puntuales de la historia geológica. Transformaron así la escala relativa en una escala absoluta, con

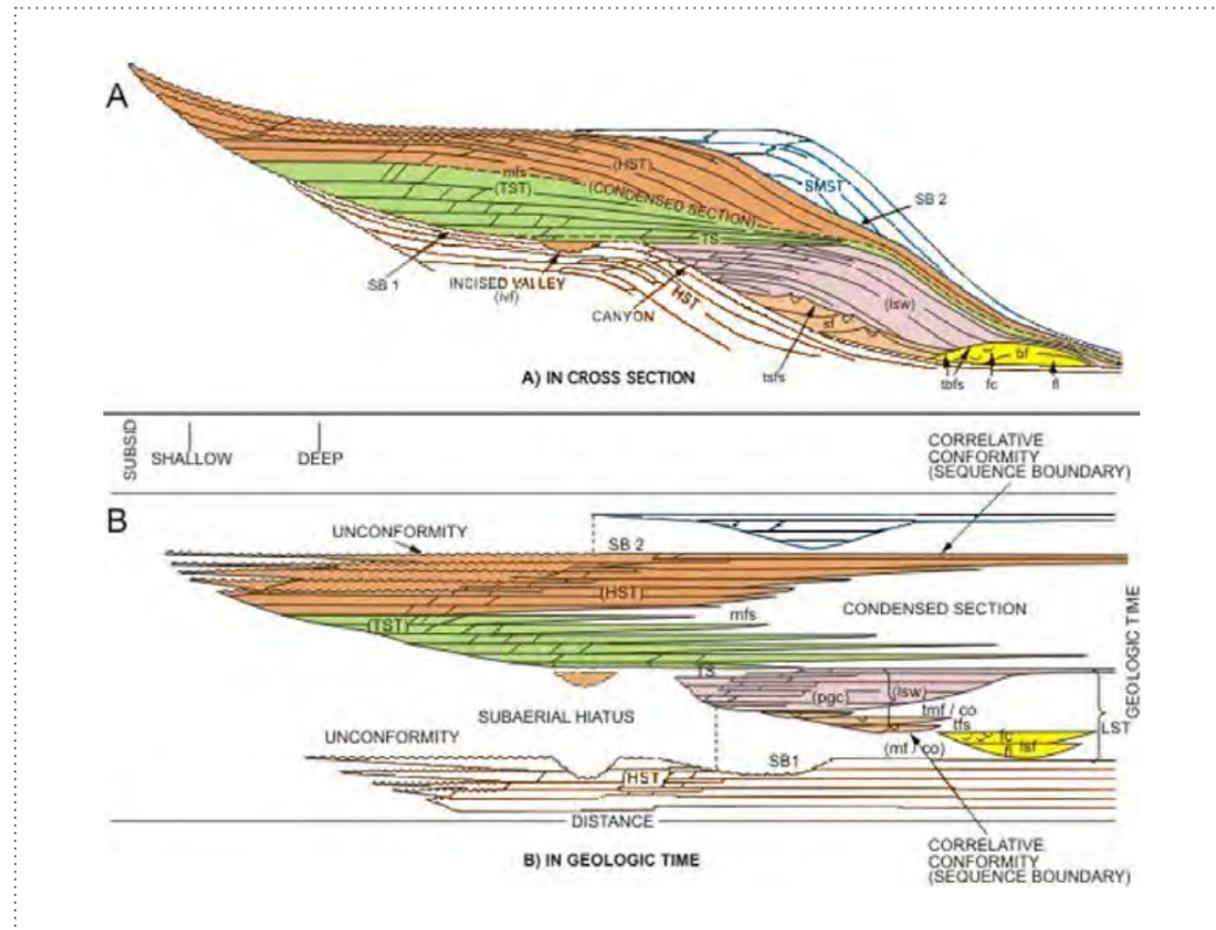
el nivel más bajo a unos -200 m, hace unos 30 Ma, y el más alto a unos +350 m, hace 87 Ma aproximadamente. La curva eustática resultante pasó a ser conocida como "curva Exxon". Fue un hito: de existir un Premio Nobel de Geología, los autores citados sin duda lo hubieran recibido. La comunidad geológica la consideró un logro sensacional, a pesar de que, salvo los autores, nadie sabe cómo se elaboró la escala de cambios eustáticos a partir de las secuencias de depósito locales: no existe el *supplementary material*, con todos los datos y el desarrollo seguido, como exigen las revistas científicas en ocasiones similares.

A partir de ese momento, numerosos trabajos geológicos, incluidos muchos realizados sobre materiales aflorantes, adoptaron el método de la Estratigrafía secuencial, estableciendo secuencias de depósito. Y, en muchas ocasiones, encontraron

coincidencias con la curva Exxon hasta en cuencas de márgenes tectónicamente activos. Tales coincidencias parecen improbables porque el trabajo de los geólogos Exxon se basaba, sobre todo, en cuencas de márgenes pasivos. Pero es normal, al quedar impresionado, apuntarse al equipo ganador.

En resumen, la Estratigrafía secuencial fue un gran avance en el análisis de cuencas sedimentarias, aceptado como paradigma por la comunidad geológica, y perfectamente aplicable al estudio de materiales aflorantes. Tuvo su perfeccionamiento y desarrollo conceptual diez años después (A.W. Wally, 1987), especialmente en aquello para lo que había nacido: su aplicación a la exploración de hidrocarburos y a la historia del cambio eustático, cuyos ascensos y caídas se evaluaron ya algo más moderados (p. ej., el nivel más alto sería de solo +250 m, hace 91,5 Ma).

“Fue un hito: de existir un Premio Nobel de Geología, los autores citados sin duda lo hubieran recibido”.



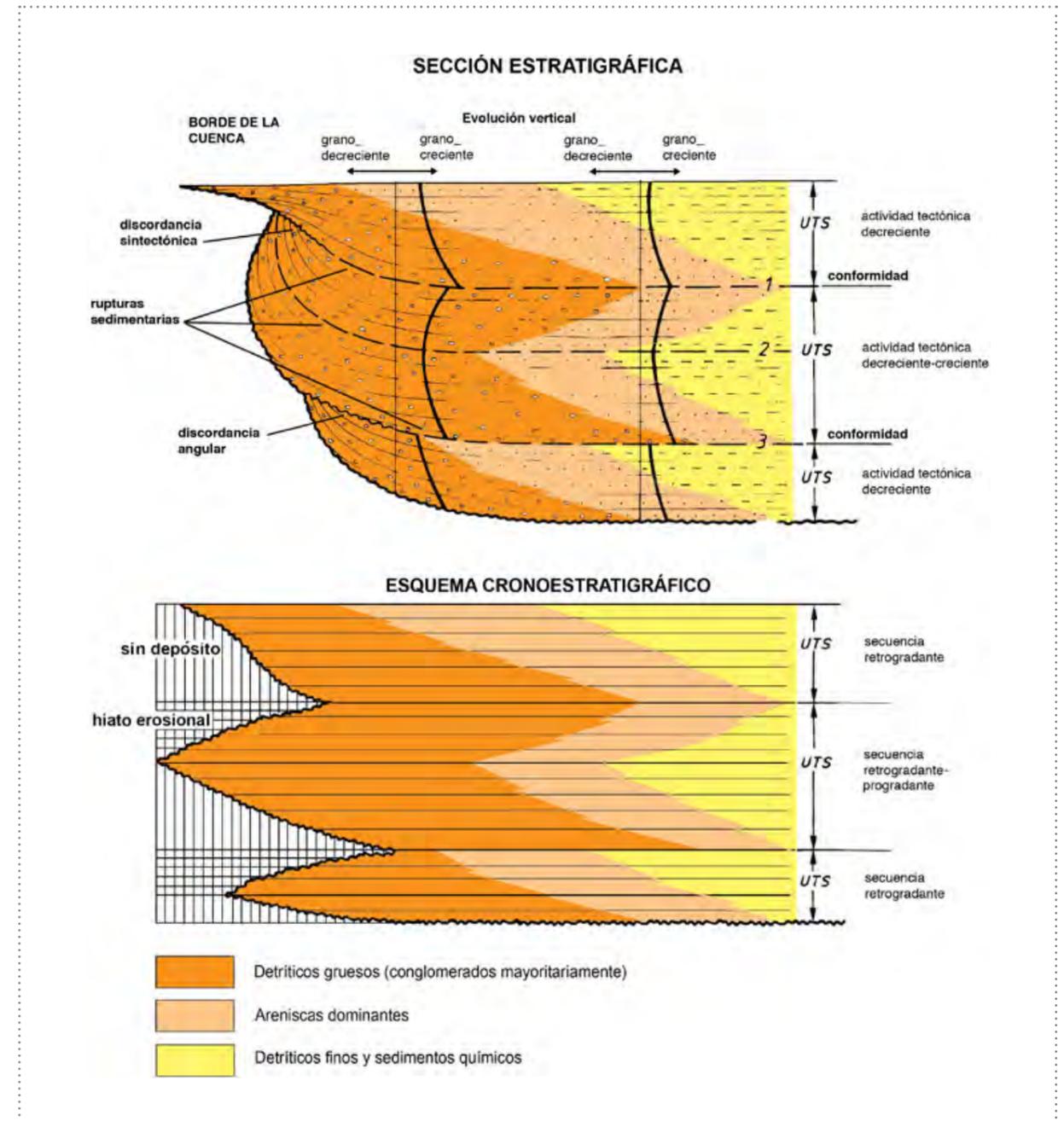
Modelo conceptual de las *depositional sequences* a partir de 1987. SMST, y en color LST, TST y HST son los distintos "cortejos sedimentarios" (*system tracts*) en que puede dividirse una secuencia de depósito. Cada cortejo incluye diferentes litologías, originadas en ambientes sedimentarios distintos (continentales, transicionales y marinos) lateralmente relacionados. En blanco, el techo de la secuencia infrayacente y la base de la suprayacente. Nótese en B que una secuencia de depósito no puede compartir tiempo con ninguna otra. Esta es una propiedad de todas las unidades estratigráficas genéticas.

www.epgeology.com/gallery

UNA METODOLOGÍA ADELANTADA, PERO CON ESCASA REPERCUSIÓN: EL ANÁLISIS TECTOSEDIMENTARIO

Y ahora, una historia de aquí. **Alberto Garrido Megías** (1936-2006) fue un geólogo que trabajó en la Empresa Nacional de Petróleos de Aragón, S.A. (ENPASA) que, aunque parezca extraño por su nombre, tenía la concesión de exploración de todo el territorio nacional y del Sahara Occidental. Su sede estaba en Zaragoza, en los edificios que hoy ocupa Televisión Española en Aragón. Posteriormente, ENPASA, tras diversas fusiones, devino en Repsol Exploración S.A. Mientras permaneció en Aragón, Garrido trabajó sobre todo en la Cordillera Ibérica y en el Pirineo y fue, durante varios cursos, profesor ayudante de clases prácticas en el antiguo Departamento de Geología de la Universidad de Zaragoza. Leyó en 1973 su Tesis doctoral sobre la cuenca de antepaís surpirenaica, trabajo en el que desarrolló un método de análisis de cuencas denominado *Análisis tectosedimentario*, del que vamos a ocuparnos.

La metodología del Análisis tectosedimentario nació a partir de datos obtenidos exclusivamente mediante trabajo de campo (cartografía, estudio de las sucesiones de estratos y su correlación) sobre el registro geológico de una cuenca tectónicamente activa, sin contar con líneas sísmicas. Por eso, Garrido partió de la idea de que el relleno de la cuenca surpirenaica (su tesis doctoral) es la respuesta al ambiente tectónico a que se encontraba sometido.



Concepto de *Unidad tectosedimentaria* (UTS). Obsérvese que una UTS engloba diferentes litologías y que los límites entre UTS son discordancias en el margen activo de la cuenca (efecto de la tectónica) y conformidades (paralelismo de las capas y continuidad sedimentaria) hacia el centro (hacia la derecha). El esquema cronoestratigráfico, donde los estratos se

restituyen como líneas de tiempo horizontales, muestra que dos UTS no comparten tiempo ni materiales, y que sus límites son líneas isócronas allí donde existe conformidad.

Modificado de González et al. (1988).



Discordancia entre las UTS T4 y T5. Cuenca sedimentaria de Aliaga (Teruel).

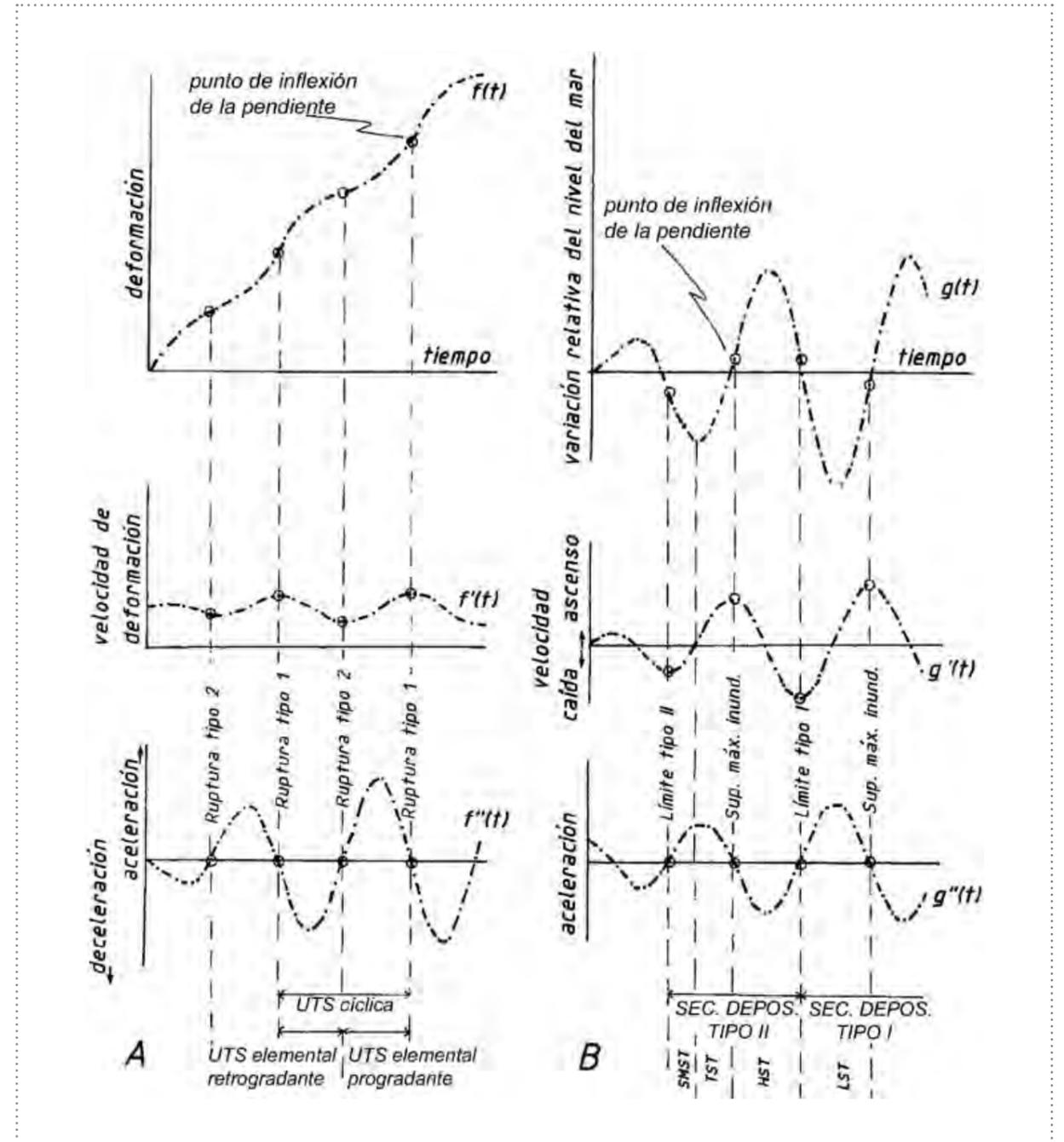
Imagen cedida por C. Arenas.

da. Dividió tal relleno en unas unidades formadas por conjuntos de estratos con una evolución sedimentaria vertical (temporal) característica, reconocible a escala de toda la cuenca. Dicha organización secuencial estaba controlada por la actividad tectónica en los relieves pirenaicos que limitaban la cuenca. Garrido denominó *Unidades tectosedimentarias* a las unidades de extensión "cuenca" establecidas con el Análisis tectosedimentario, y les asignó la sigla *UTS*. Según esto, las UTS son *unidades estratigráficas genéticas*, y los materiales que las constituyen son el registro de lo que se ha depositado en una cuenca entre dos momentos del tiempo geológico en que tienen lugar pulsaciones o fases tectónicas compresivas o distensivas. Por ello, los límites entre dos UTS, que denominó *rupturas sedimentarias*, serán *discordancias* en los márgenes de las cuencas, y *conformidades* en el centro. Tales límites se caracterizan por cambios de signo o saltos en la evolución secuencial a lo largo del tiempo (ver figura pag. 73). Por ejemplo, el momento de cambio entre el avance de un sistema sedimentario hacia el centro de la cuenca (secuencia de progradación) y su retroceso hacia el margen (secuencia de retrogradación). La progradación se asocia al incremento del relieve en margen de la cuenca que suministra los sedimentos, consiguiendo al aumento de actividad tectónica; la retrogradación se da con el decrecimiento o cese de la actividad tectónica y la consiguiente degradación del relieve debido a la omnipresente erosión. En 1977, Garrido y Villena ampliaron el concepto de *ruptura sedimentaria*, relacionándola con cambios o saltos notables en la evolución paleogeográfica de las cuencas.

El Análisis Tectosedimentario fue utilizado en los años 70 en la exploración del Neógeno marino mediterráneo que, como sabemos, resultó productivo en petróleo. En cuanto a sus aspectos conceptuales, fueron desarrollados posteriormente por el propio Garrido (firmando como A. G. Megías, 1982), por González et al.

(1988) y Pardo et al. (1989). En este último trabajo se demuestra el significado equivalente de los límites de las unidades de relleno que establecen el Análisis tectosedimentario y la Estratigrafía secuencial. En efecto, ambos tipos de unidades genéticas, por su escala "cuenca", además de comprender diferentes unidades litoestratigráficas, tienen una importante propiedad en cuanto a su edad: ninguna unidad genética comparte tiempo con otra; cada una se sitúa en un intervalo temporal invariable, representado tanto por materiales como por hiatos (ver figuras pag. 72 y 73). En resumen, las unidades genéticas son la herramienta idónea para el análisis paleogeográfico, y a través de ellas se tratará de establecer a qué factores de la dinámica terrestre está ligada la evolución de una cuenca.

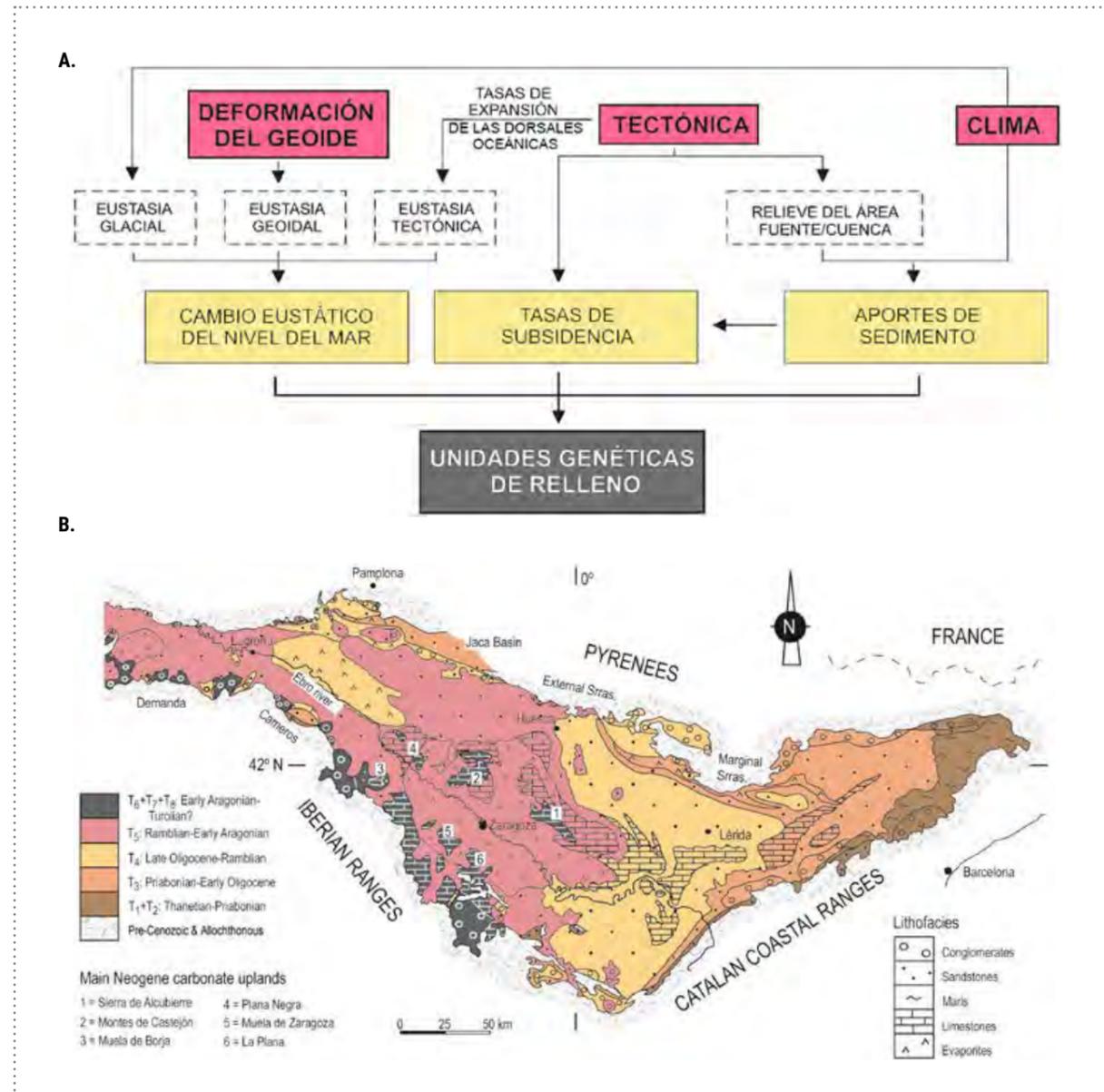
William E. Galloway, otro investigador de las unidades genéticas en el relleno de cuencas sedimentarias, elaboró en 1989 un esquema (ver figura pag. 76) donde se muestran los factores alogénicos que, con sus variaciones a lo largo del tiempo, dan lugar a la historia de depósito de cualquier cuenca: el cambio eustático, la subsidencia y la tasa de sedimentación son los factores próximos (en amarillo) que dan lugar a las unidades genéticas de relleno. Pero los factores primarios (en rojo), que controlan los factores próximos antes citados, son la tectónica, el clima y las deformaciones del geoide. Este esquema pone en evidencia que las relaciones entre causas primarias, factores próximos y unidades genéticas de relleno son complejas. La Estratigrafía secuencial de los geólogos de Exxon consideraba las tasas de subsidencia y sedimentación como factores prácticamente constantes en las cuencas de margen pasivo y, por tanto, de menor importancia frente al cambio eustático. No hacía alusión a la eustasia geoidal que, al contrario que la eustasia de origen tectónico o glacial, de estar presente supondría ascensos en unas áreas marinas y caídas simultáneas en otras: una amenaza para sus ciclos globales de variación del nivel del mar.



▲ **Semejanza de Unidades tectosedimentarias y depositional sequences. A, cuando la causa alogénica es la deformación originada por la tectónica (UTS); B, cuando la causa alogénica es la variación relativa del nivel del mar (secuencias de depósito). En ambos casos, los límites de las respectivas unidades genéticas que rellenan**

la cuenca se dan en los mínimos de la velocidad del factor alogénico, o lo que es igual, cuando su aceleración es cero.

Tomado de Pardo et al. (1989).



A) Variables que determinan la historia del depósito en una cuenca y la arquitectura de las unidades estratigráficas genéticas de relleno.

B) Mapa esquemático de la distribución de Unidades tectosedimentarias y facies en la Cuenca del Ebro.

Modificado de Galloway (1989) (A).
Modificado de Muñoz et al. (2002) (B).

En resumen, para cuencas en distinto contexto tectónico, los geólogos de Exxon, con geofísica sofisticada, y el geólogo de Enpasa, con la geología tradicional de campo, llegan a un mismo punto: la utilidad, la importancia y, en definitiva, el avance que supone dividir el relleno de las cuencas en *unidades genéticas*, ya sean las *depositional sequences* de los primeros o las *Unidades tectosedimentarias* del segundo.

Para nosotros este es el verdadero paradigma en el análisis de cuencas. Pero hay que dejar dos cosas claras: Garrido se anticipó cuatro años a los citados Vail, Mitchum y Thompson, aunque, como veremos, la aplicación de la metodología del Análisis tectosedimentario ha sido restringida. En el área de Estratigrafía del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza, con el impulso del profesor **Joaquín Villena Morales** (académico y miembro del Senatus), se viene utilizando desde los años 80, sin interrupción, al estudio de las cuencas cenozoicas de la Cordillera

Ibérica y de la Cuenca del Ebro. Se aplicó en varias tesis y en cinco tesis doctorales, lo que permitió una síntesis de la Cuenca del Ebro (ver figura, Muñoz et al., 2002) que supone un avance importante en el conocimiento de la Estratigrafía y de la evolución paleogeográfica del conjunto de esa cuenca.

En cuanto a la precisión del método del Análisis tectosedimentario, referida a las edades absolutas de los límites de UTS, se pueden aportar los resultados de la tesis doctoral de Pérez-Rivarés (2016). En ese trabajo se estudia la magnetoestratigrafía de 12 secciones (sin continuidad física entre ellas) del Mioceno de la Cuenca del Ebro, en las que diferentes investigadores ya habían situado previamente límites de Unidades tectosedimentarias. La magnetoestratigrafía revela que los límites establecidos para las UTS no son perfectamente isócronos. En millones de años, los límites de las unidades T4 a T7 se datan como sigue: T4/T5= 21,4 ± 0,1; T5/T6= 16,2 ± 0,14 y T6/T7= 14,3 ± 0,14. Esta heterocronía es pequeña en términos de tiempo geológico, y es comparable al error de media longitud de onda que tiene la Estratigrafía sísmica, en lo que respecta a la precisión de sus correlaciones.

Ahora bien, si uno busca "unidades tectosedimentarias" en Google obtiene menos de 2.000 entradas, pero si busca "depositional sequences" obtiene casi 90.000. Cabe preguntarse pues, para terminar, por la razón de la diferente acogida de lo que no son más que dos formas de una misma concepción del trabajo estratigráfico. La respuesta es simple: la forma de difusión de los conceptos y de la metodología, y el prestigio de la propia metodología.

En efecto, la Estratigrafía secuencial nace en inglés en uno de los medios de mayor difusión de una de las asociaciones geológicas más acreditadas, cuyo nombre, AAPG, va ligado a la industria petrolera, y además se fundamenta en la geofísica más avanzada que utiliza esa industria. El Análisis tectosedimentario nace en español, necesita del levantamiento de columnas estratigráficas en el campo y su correlación (es decir, tecnología tradicional de martillo, lupa, mapa, foto aérea) y los resultados se publican, años después de su concepción, en revistas y actas de congresos españoles o hispanoamericanos. Hasta avanzados los años 90 del siglo pasado no aparecen publicaciones en inglés en que se incluyan explicaciones, más bien sintéticas, de la metodología (véanse referencias a Villena et al., 1996, Muñoz y Casas, 1997 y Arenas et al., 2001, en Muñoz et al., 2002). Podría añadirse "que nos sirva de escarmiento", pero sería superfluo: los que conocimos a Garrido y seguimos su metodología en los años 80 ya no podemos volver atrás en el tiempo, y las actuales generaciones de geólogos españoles lo tienen muy claro.

Evocando a nuestros pioneros A. Garrido y J. Villena.

Gonzalo Pardo, Ángel González y Concepción Arenas.
Dpto. de Ciencias de la Tierra.
Facultad de Ciencias.
Universidad de Zaragoza.

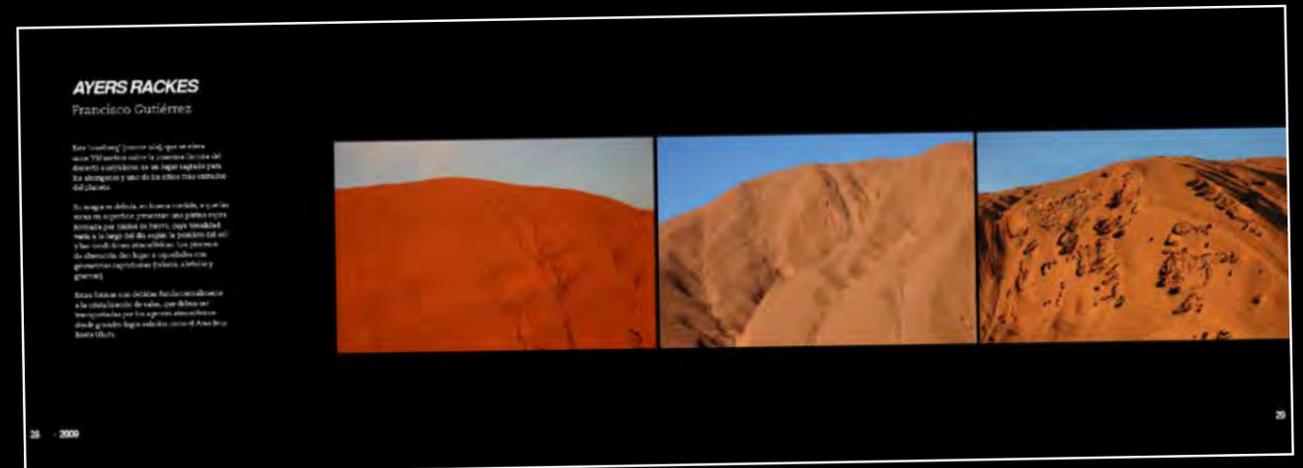
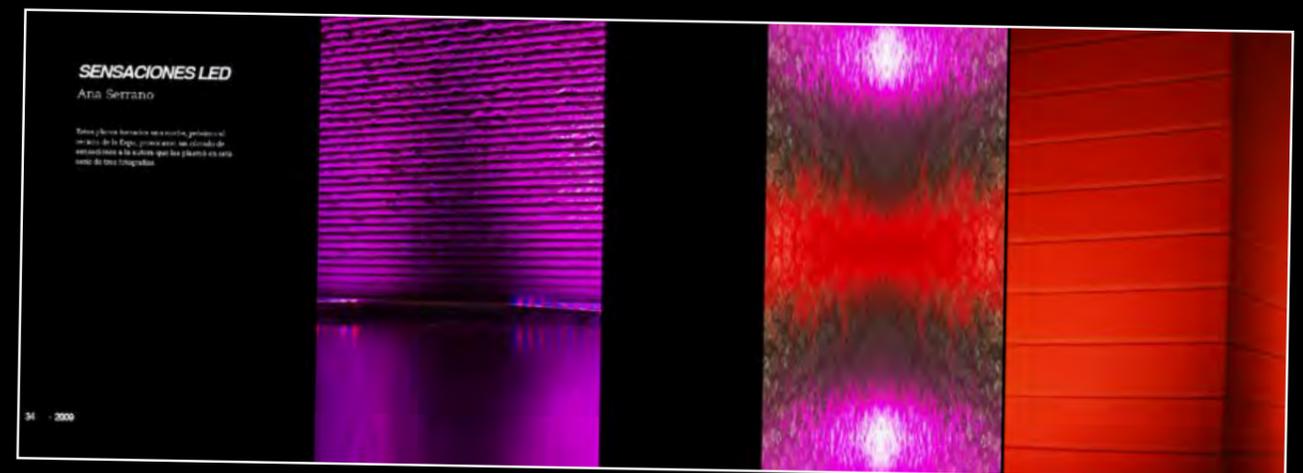
“La Estratigrafía secuencial nace en inglés en uno de los medios de mayor difusión de una de las asociaciones geológicas más acreditadas”.

BIBLIOGRAFÍA:

- Galloway W.E. (1989). Genetic Stratigraphic Sequences in Basin Analysis I: Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. AAPG Bulletin, 73: 125-142.
- Garrido Megías A. (1973). Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica en su zona central (provincias de Huesca y Lérida). Tesis doctoral, Universidad de Granada, 395 pp.
- Garrido A. y Villena J. (1977).- Evolución vertical y paleogeográfica del Triás germánico de España. Cuadernos de Geología Ibérica, 4: 37-56.
- González, A., Pardo, G. y Villena, J. (1988). El análisis tectosedimentario como instrumento de correlación entre cuencas. II Congreso Geológico de España, Simposios: 175-184.
- Megías A.G. (1982). Introducción al análisis tectosedimentario: aplicación al estudio dinámico de cuencas. Actas del V Congreso Latinoamericano de Geología (Argentina), 1: 385-402.
- Muñoz A., Arenas C., González A., Luzón A., Pardo G., Pérez A. y Villena J. (2002). Ebro basin (northeastern Spain). En: W. Gibbons y T. Moreno (Editores), The Geology of Spain. The Geological Society, Londres, pp. 301-309.
- Pardo G., Villena J. y González A. (1989). Contribución a los conceptos y a la aplicación del Análisis tectosedimentario. Rupturas y unidades tectosedimentarias como fundamento de correlaciones estratigráficas. Revista de la Sociedad Geológica de España, 2 (3-4): 199-221.
- Payton C.E., editor (1977). Seismic stratigraphy- applications to hydrocarbon exploration. AAPG Memoir 26, Tulsa, Oklahoma, 516 pp.
- Pérez Rivarés F.J. (2016). Estudio magnetoestratigráfico del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro: Cronología, correlación y análisis de la ciclicidad sedimentaria. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 281 pp.
- Wally A.W. editor (1987). Atlas of Seismic Stratigraphy. AAPG Studies in Geology, 27. Tulsa, Oklahoma, 125 pp.

Próximamente...

CIENTÍFICAMENTE OBJETIVO



La nueva publicación
de la Facultad de Ciencias.

EN MEMORIA DE JOSÉ ÁNGEL VILLAR

El pasado 2 de agosto de 2017 fallecía nuestro compañero José Ángel Villar Rivacoba, catedrático de Física Atómica, Molecular y Nuclear en el Departamento de Física Teórica.

Fue sin lugar a dudas un hombre de Facultad y de Universidad, desempeñando sucesivamente los cargos de Profesor Secretario y Decano de la Facultad de Ciencias y Vicerrector de Investigación de la Universidad de Zaragoza.

Junto con el resto de profesores e investigadores de la entonces cátedra de Física Atómica y Nuclear de la Universidad de Zaragoza, participó a partir de 1985 en el acondicionamiento y puesta a punto de un laboratorio singular en el túnel de Somport que, gracias a las ganas y al esfuerzo de todos, fue creciendo en espacio disponible y relevancia internacional. Gracias a estos esfuerzos y a las innumerables gestiones alentadas y animadas por él, en marzo de 2006 se inauguraron las nuevas instalaciones del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC). Desde entonces, como director asociado del LSC, José Ángel ha sido pieza clave para la puesta en marcha de esta Instalación Científico Técnica Singular, única en el ámbito nacional y de las pocas que existen en el internacional.

Resulta imposible resumir en pocas palabras su faceta de gestión de la investigación. Cabe mencionar, a modo de ejemplo, que fue coordinador de la red nacional de Astropartículas (RENATA), miembro del Comité Ejecutivo del Centro Nacional de Física de Astropartículas y Nuclear (CPAN), miembro de la asamblea general y del *Joint Secretariat* del Consorcio ApPEC (Astroparticle Physics European Consortium), organizador de numerosos congresos nacionales e internacionales y asesor de los sucesivos Ministerios responsables de Ciencia y Tecnología, del Gobierno de Aragón y de numerosas Agencias Evaluadoras en el ámbito nacional e internacional.



A.



C.



D.



B.

▲
A) José Ángel Villar Rivacoba, catedrático de Física Atómica, Molecular y Nuclear en el Departamento de Física Teórica.

B) Inauguración oficial del LSC, mayo de 2006, miembros del Grupo de Física Nuclear y Astropartículas de la Universidad de Zaragoza con los entonces rector de la Universidad de Zaragoza Felipe Pétrez y ministra de Educación y Ciencia María Jesús Sansegundo.

C) Preparados para realizar una de las primeras medidas en el túnel de Somport, primeros pasos hacia un laboratorio subterráneo bajo los Pirineos (hacia 1985).

D) Director y subdirectores del LSC junto al resto de miembros del International Advisory Committee del LSC, reunidos en Canfranc (2006).

E) José Ángel Villar durante un acto académico.

Facultad de Ciencias.



E.



Visita de la profesora Rita Bernabei (Universidad de Roma II-Tor Vergata) al LSC, (mayo de 2014). (Arriba).

Acto de homenaje a Julio y Ángel Morales (Facultad de Ciencias, mayo de 2014). (Abajo).

Facultad de Ciencias.

Su carrera investigadora ha estado siempre vinculada a la física de sucesos poco probables: la desintegración doble beta de los núcleos, la detección de axiones solares y la detección directa de materia oscura, fundamentalmente. Fue investigador principal de más de 40 proyectos de investigación en el marco de los planes nacionales, dirigió numerosas tesis doctorales y tesinas de licenciatura y es coautor de más de 150 artículos científicos.

A José Ángel le gustaba la divulgación y colaboró en muchas iniciativas de variada índole para acercar la investigación a la sociedad: colaborador de la Universidad de la Experiencia y participante habitual en el programa Ciencia Viva del Gobierno de Aragón, por ejemplo; impartió numerosísimas conferencias dirigidas al público general, atreviéndose incluso con la elaboración de guion y producción de documentales científicos, entre otras muchas actividades de divulgación.

Pero los que hemos compartido con él docencia, investigación y gestión a lo largo de los años no nos vamos a quedar en los números o el listado de méritos que ni miden ni resumen lo que hay detrás de un nombre. Lo que más destacaba en él era su lado humano. José Ángel era afable y cariñoso, discreto y de buen carácter, sencillo, familiar y trabajador. Era fácil llevarse bien con

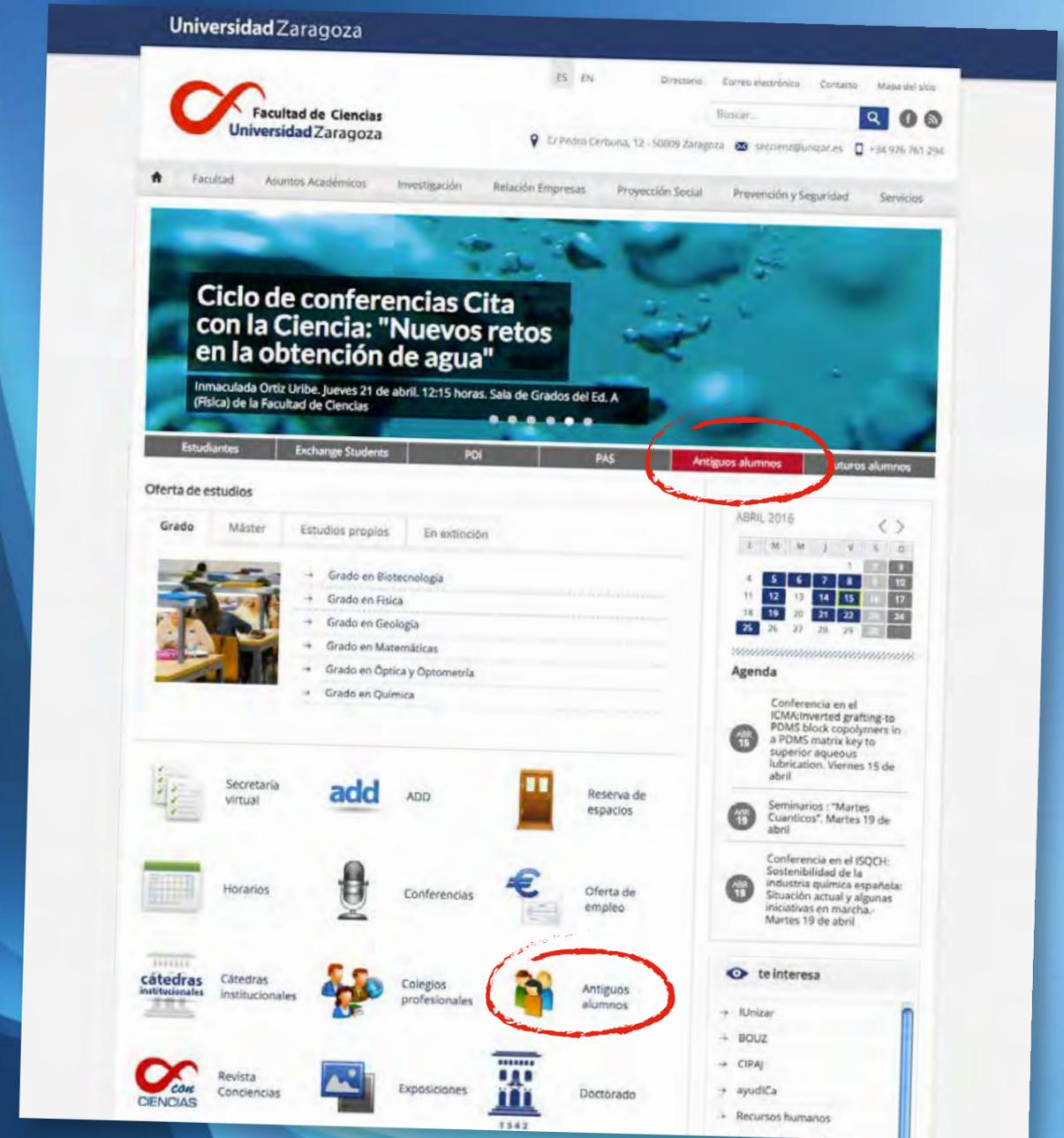
él, siempre estaba disponible y tenía una palabra de ánimo o un comentario jocosos que compartir. En el área de Física Atómica, Molecular y Nuclear y en el Grupo de Investigación en Física Nuclear y Astropartículas lamentamos muchísimo su pérdida, que deja un enorme vacío en el pasillo, pero siempre recordaremos lo que ha sido para todos nosotros, un buen compañero.

Todos los investigadores del Grupo de Investigación en Física Nuclear y Astropartículas (GIFNA).

Documental "La radiactividad nuestra de cada día", elaborado en el primer taller de guion y producción de documental científico organizado por la Universidad de Zaragoza:

<https://ucc.unizar.es/la-radioactividad-nuestra-de-cada-dia>

Puentes de comunicación con nuestros ANTIGUOS ALUMNOS



Si eres antiguo alumno...
¡INSCRÍBETE EN NUESTRA WEB!
<https://ciencias.unizar.es/perfil-antiguos-alumnos>

HOMENAJE EN MEMORIA DEL PROFESOR RAFAEL USÓN

El pasado 28 de abril a las 12h, en el Aula Magna de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, tuvo lugar un homenaje en recuerdo a la figura del profesor Rafael Usón Lacal, catedrático de Química Inorgánica y Miembro del Senatus Científico de la Universidad de Zaragoza, fallecido el 11 de enero de 2016.

Este homenaje fue una iniciativa del Departamento de Química Inorgánica de la Universidad de Zaragoza y estuvo organizado por los profesores Juan Forniés, Antonio Laguna y Ana Isabel Elduque, directora del citado departamento.

El homenaje reunió a más de trescientas personas que compartieron momentos muy entrañables, de cariño y afecto hacia la persona de Don Rafael Usón. Cabe destacar la asistencia en el acto de un nutrido grupo de profesores procedentes de toda España (Sevilla, Valencia, Castellón, Oviedo, Valladolid, Bilbao, Madrid, Alcalá de Henares, Logroño, Barcelona, Ciudad Real...) que se trasladaron a nuestra universidad para acompañar en el acto a los compañeros y a la familia que estuvo presente.

Rafael Usón, considerado el padre de la Química Organometálica en nuestro país, fue uno de los grandes impulsores de esta disciplina científica, creando una Escuela de Química puntera que se extendió por toda España y cuya referencia ha sido el Departamento de Química Inorgánica de Zaragoza.

“Este homenaje fue una iniciativa del Departamento de Química Inorgánica de la Universidad de Zaragoza”.



Distintos momentos del Homenaje.

Fotografías cedidas por Antonio Martín.

Homenaje en memoria del profesor Rafael Usón

*Catedrático de Química Inorgánica
Miembro del Senatus Científico*

*Viernes 28 de abril de 2017, 12h
Aula Magna
Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza*

Organiza: Dpto. de Química Inorgánica



▲
Biblioteca Rafael Usón Lacal
y placa conmemorativa.

Fotografías cedidas por Antonio Martín.

BIBLIOTECA
Rafael Usón Lacal
Departamento de Química Inorgánica

“En honor a la magnífica figura del profesor Rafael Usón, la Biblioteca del Departamento de Química Inorgánica de Zaragoza lleva su nombre”.

Durante el acto homenaje, que fue conducido por la Directora del Departamento de Química Inorgánica, intervinieron, además de los organizadores, los profesores Víctor Riera, Luis Oro, Pascual Lahuerta, Ernesto Carmona, Andrés Piñeiro, Juan Ramón Castillo y M^a Antonia Martín Zorraquino, así como Francisco Sánchez-Miret, en calidad de uno de los primeros alumnos del distinguido profesor. En el acto se destacaron las cualidades investigadoras y docentes del Profesor Usón, maestro de un gran número de químicos aragoneses, así como las vivencias personales compartidas. Finalizó el turno de intervenciones con unas palabras del Decano de la Facultad de Ciencias y del Rector de la Universidad de Zaragoza.

Especialmente emotivo fue la proyección de un vídeo, preparado para este acto, en el que se recogieron imágenes reflejando la calidad profesional, familiar y humana del profesor Rafael Usón.



▲
Momento
del Homenaje.

Fotografía cedida por Antonio Martín.

El acto homenaje finalizó con unas entrañables palabras de Isabel Usón, en nombre de la familia, en agradecimiento al recuerdo dedicado.

En honor a la magnífica figura del profesor Rafael Usón, la Biblioteca del Departamento de Química Inorgánica de Zaragoza lleva su nombre.

El homenaje no terminó en el Aula Magna, los recuerdos se siguieron compartiendo en la comida celebrada, a continuación, en un restaurante zaragozano, donde tampoco faltaron las jotas, en este caso de la mano del profesor Pascual Román.

Equipo Editorial.

LA QUÍMICA ESTÁ DE LUTO

Al profesor don Rafael Usón Lacal (Zaragoza, 1926-2016), catedrático de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza (1967-1991), con ocasión del homenaje que en su memoria organizó el Departamento de Química Inorgánica, y se le rindió el 28/04/2017, viernes, en el Aula Magna de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza. Jota compuesta por Pascual Román en el viaje de regreso de Zaragoza a Leioa ese mismo día.

LETRA:

- 1.- La Química está de luto
- 2.- Y no cesa de llorar
- 3.- Porque se ha muerto el maestro
- 4.- Rafael Usón Lacal

CANTAR:

- 2.- Y no cesa de llorar
- 1.- La Química está de luto
- 2.- Y no cesa de llorar
- 3.- Porque se ha muerto el maestro
- 4.- Rafael Usón Lacal
- 5.- Rafael Usón Lacal
- 6.- La Química está de luto

Cantar con el estilo de “La que más altares tiene”.

Jota aragonesa.

SEMANA DE INMERSIÓN EN CIENCIAS 2017

Un año más la Facultad de Ciencias acogió desde el lunes 12 hasta el viernes 16 de junio a los 114 participantes en la Semana de Inmersión en Ciencias. Esta actividad dirigida a alumnos de 1º de bachillerato y 4º de la E. S. O. de nuestra Comunidad Autónoma tiene como objetivo ofrecer a los estudiantes la posibilidad de conocer directamente el trabajo que los científicos desarrollan en el día a día.

En la acogida que tuvo lugar el lunes 12 de junio a las 16 horas, en el aula magna se veían caras de curiosidad, ojos muy abiertos y mucha ilusión.

Este año hemos recibido 389 solicitudes de las distintas provincias (79% de Zaragoza, 17% de Huesca y 4% de Teruel). De estas se seleccionaron 114 estudiantes que se distribuyeron en cinco secciones: 12 en Biotecnología, 12 en Geología, 20 en Matemáticas, 30 en Físicas y Óptica y 40 en Químicas.

Estos alumnos realizaron un amplio abanico de actividades de la mano de profesores e investigadores de distintos departamentos de la Facultad de Ciencias e Institutos de Investigación relacionados con la misma.

Como en años anteriores, los alumnos participantes tuvieron la oportunidad de familiarizarse con distintos aspectos de la Ciencia. Así en la sección de Física se trataron temas como los líquidos criogénicos y sus aplicaciones, el diseño microelectrónico, los nuevos materiales, partículas elementales e interacciones fundamentales, distancias en el Universo, impresoras 3D con Hardware y Software libres, técnicas de holografía e instrumentación en laboratorios de salud visual.

En la sección de Biotecnología, los alumnos tuvieron la oportunidad de familiarizarse con técnicas propias de temas como la Genómica, Biología molecular, apoptosis, inmunidad o cáncer entre otros. Uno de los días, los participantes visitaron las instalaciones del Centro de Investigación Biomédica de Aragón (CIBA).

En la sección de Química los alumnos ataviados con sus batas y gafas de seguridad fueron capaces de sintetizar aditivos alimenticios, descontaminar aguas, preparar polímeros, detectar distintos agentes responsables de los aromas del vino, entre otros temas apasionantes.

Los alumnos de este año de la sección de Geología en su salida de campo fueron capaces de detectar dolinas con modernos sistemas de detección, y se familiarizaron con diversos conceptos relacionados con rocas sedimentarias, volcanes y se iniciaron en la preparación y estudio de fósiles.

Y por último, en la sección de Matemáticas los alumnos trabajaron resolviendo problemas en grupo, enfrentándose a la Estadística en la vida cotidiana o a la representación y estudio de superficies mediante herramientas informáticas.

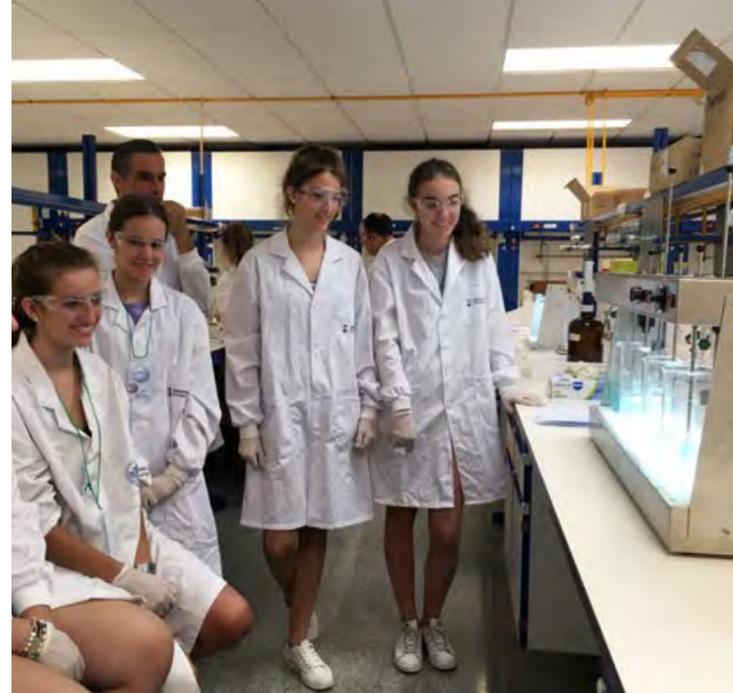
Todas estas actividades fueron diseñadas por diversos departamentos de la Facultad de Ciencias, el Servicio General de Apoyo a la Investigación (SAI) y los diferentes institutos Universitarios: Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea (ISQCH), Instituto de Nanociencia de Aragón (INA), Instituto de Matemáticas y Aplicaciones (IUMA), Instituto de Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA), Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA) y Centro de Investigación Biomédica de Aragón (CIBA). En total

más de 150 colaboradores desinteresados que transmiten pasión por la Ciencia e ilusión por su trabajo a los participantes de esta, cada vez mejor acogida, actividad.

¡Y así acabó una semana intensa! En la sesión de clausura, que contó con la presencia del vicerrector de política académica, Gerardo Sanz, se pudieron ver caras de satisfacción, nuevas amistades y una nueva ilusión por descubrir más ciencia.

Esperamos con impaciencia la edición del 2018.

Elisabet Pires.
Vicedecana de Proyección Científica y Social.
Facultad de Ciencias.
Universidad de Zaragoza.



▲
**Diferentes momentos de la
Semana de Inmersión 2017
y fotografía con todos los
participantes.**

Facultad de Ciencias.



**“Los alumnos participantes
tuvieron la oportunidad de
familiarizarse con distintos
aspectos de la Ciencia”.**



BODAS DE ORO DE LA PROMOCIÓN DE MATEMÁTICAS 1967-2017

Con motivo de la celebración del 50º Aniversario de nuestra Licenciatura en Ciencias Matemáticas, los miembros de la Promoción 1962-1967 nos reunimos en un emotivo encuentro el 19 de Abril de 2017 en la Facultad de Ciencias de Zaragoza. Acudimos diecinueve compañeros, a los que hay que añadir dos que no pudieron asistir por motivos de salud, aunque sí quisieron hacerse partícipes de los recuerdos que habíamos preparado. Nuestra promoción había quedado reducida a veinticuatro después del fallecimiento de cuatro compañeros. Así pues nos reunimos casi un 88%. Un verdadero éxito.

Después de cincuenta años fue un encuentro muy agradable que nos hizo recordar tiempos pasados. Hubo dudas al asignar los nombres pues nuestras fisonomías han cambiado, aunque pronto los rostros que almacenamos en nuestra memoria dieron paso a los actuales. Allí estuvimos un grupo, además muy bien avenido, de compañeros que durante cinco años compartimos los estudios, alegrías, penas, diversiones, etc.

El encuentro comenzó en el vestíbulo de la Facultad donde los saludos y los abrazos se prodigaron conforme fuimos llegando. Nos quitábamos las palabras, pues los recuerdos afloraban en tropel a nuestras mentes.

A continuación pasamos a la Sala de Grados donde tuvo lugar la celebración del 50-aniversario. Lo presidió el señor decano, D. Luis Oriol, quien tomó la palabra en primer lugar para darnos la bienvenida y transmitirnos a todos su saludo. Nos expuso, en breves palabras, el devenir de la Facultad en estos últimos años, haciendo hincapié en los grupos de investigación que se han creado, y que tienen presencia internacional. Nos enumeró los diferentes centros de investigación así como la relación de la Facultad con el mundo de la empresa, y la puesta en marcha de edificios propios en Matemáticas y Geológicas, y un amplio espacio, adosado al antiguo de la Facultad de Ciencias, para la sección de Ciencias Químicas.

Ponderó nuestra presencia en la facultad después de 50 años, *"pues eso indica vuestro afecto hacia este Centro y muy especialmente hacia los profesores que, con honda dedicación, os transmitieron los saberes que en estos años transcurridos habéis ido trasladando a otros jóvenes. No perdáis la ilusión por esta gran Facultad"*, nos dijo.

Agradecemos mucho estas palabras, así como su excelente disposición y las facilidades que nos ha dado para celebrar este encuentro.

Seguidamente tomó la palabra nuestro compañero José Manuel Sádaba, quien expuso en breves palabras el sentido de este encuentro, cuyo centro es el "recuerdo". Recordar, nos dijo, es volver a pasar por el corazón, y ahí estuvieron presentes los profesores, los compañeros fallecidos, también los ausentes y multitud de vivencias de aquellos cinco años juntos.

Se proyectó un video que recordó, de forma gráfica, variados aspectos de la Zaragoza de hace diez lustros, sus calles, monumentos, vida diaria, lugares de esparcimiento, visión de las antiguas Facultades de Medicina y Ciencias y de la nueva Facultad que nuestra

“Después de cincuenta años fue un encuentro muy agradable que nos hizo recordar tiempos pasados”.

promoción inauguraba en el año 1962. Hubo un sentido homenaje a los profesores y a los compañeros fallecidos. Este reportaje acabó con la "Obertura para una fiesta Académica" de Brahms, que constituye nuestro himno "Gaudeamus".

Se hizo entrega a los asistentes de los recuerdos preparados para la ocasión, incluyendo los que nos hizo el señor Decano. Pasamos a continuación al vestíbulo de la Facultad para realizar la fotografía de grupo. Dimos una vuelta visitando aulas, dependencias, Sala de Profesores, Decanato, etc.

Terminamos la jornada con un almuerzo en un restaurante cercano, jornada llena de recuerdos, y que algunos de los presentes abogaron por celebrar otro encuentro a no tardar.

José Lario, Juan A. Peña, José M. Sádaba y Manuel Torres.
Comisión Organizadora.



Diferentes momentos del acto.

Facultad de Ciencias.



Nº 1 conCIENCIAS. Descubre la revista de tu Facultad.

Olimpiada Matemática. *Elduque A.* (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!

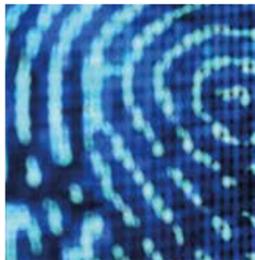
El impacto meteorítico que hizo temblar la vida en la tierra. *Alegret L., Arenillas I. y Arz J. A.* (6)
La Ciencia en la Zaragoza del siglo XI. *Corral J. L.* (14)
Hablando de... Química. *Elduque A. I.* (24)
Consecuencias del fuego en los paisajes mediterráneos. *Eceverría M., Pérez F., Ibarra P. y 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^a 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^a A.* (98)
IMAGINARY, una mirada matemática. *Artal E., Bernués J. y Lozano Imízcoz M^a 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 científicad. *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 Iberus. *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)
Biolingüística: 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

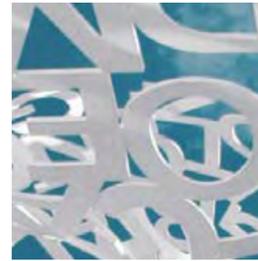
Gamow, Alpher y el Big Bang. Pérez Torres, M (4)
**2015: En torno a Einstein y su Teoría de la Relatividad (una
 reflexión por encargo).** Turrión, J. (10)
Los Árboles del Edén: pequeña incursión en la Botánica mítica.
 Martínez Rica, J. P. (26)
Cristales en los alimentos. Cuevas-Diarte, M. A., Bayés-García, 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

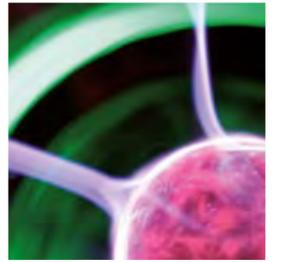
La Química a través del espejo. Gomollón-Bel, F. (4)
Riadas del Ebro: comprenderlas sin miedo. del Valle, J. (14)
Átomos y moléculas de cristal. Martínez-Ripoll, M. (24)
El Paleomagnetismo y el viejo geólogo. Pardo, G., Pérez, F.J.
 y Arenas, C. (36)
Dieta Mediterránea y Salud Pública. Mauriz Turrado, 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 Saharauis. Vallés J. A.
 y Collados, Mª V. (20)
Una nueva política académica. Elduque, A. I. (30)
El fascinante mundo de los Insectos. Lantero, 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)



Apellido, nombre, volumen de la revista y página:

Aceña, Javier, 16 (4)
Aguilar, Manuel, 8 (58)
Aldea, Concepción, 5 (118), 4 (120), 7 (130, 134), 9 (106,114), 10 (138), 17 (22)
Alegret, Laia, 6 (6)
Alfaro, Manuel, 14 (66)
Álvarez, Ana, 4 (96)
Amaré, Julio, 3 (22)
Anel, Alberto, 13 (22)
Arce, José Luis, 12 (14)
Arenas, Concepción, 18 (36), 20 (70)
Arenillas, Ignacio, 6 (6)
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)
Bartolomé, Miguel 19 (4)
Bauluz, Blanca, 16 (66), 20 (4)
Bayés-García, Laura, 15 (44)
Bea, Alnudena, 16 (18)
Belmonte, Ánchel, 19 (4)
Bernués, Julio, 8 (110), 10 (108)
Blein, Antonio, 11 (20)
Bolsa, Marta, 11 (78)
Bombal, Fernando, 15 (86)
Bonachea, Jaime, 11 (84)
Boya, Luis J., 2 (56), 3 (6), 9 (62), 11 (50), 16 (88)
Bruschi, Viola, 11 (84)
Calvet, Teresa, 15 (44)
Calvo, Miguel, 14 (42)
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)
Collados, M^a 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)
Cuevas-Diarte, Miguel Ángel, 15 (44)
Cubas, Santiago, 19 (80)
Dafni, Theopisti, 6 (90)
De Azcárraga, José Adolfo, 4 (74)
De la Osada, Jesús, 4 (6)
De la Riva, Juan Ramón, 6 (32)
De Teresa, José María, 4 (128)
Del Valle, Javier, 5 (6), 8 (32), 18 (14)
Díaz, Jesús Ildefonso, 7 (110)
Díaz-Michelena, Marina, 9 (26)
Días, María Eugenia, 2 (28)
Echenique, Pablo, 4 (56)
Echeverría, Maite, 6 (32)
Eduque, 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)
Elguero, José, 6 (26)
Elipe, Antonio, 3 (46), 4 (32)
Espejo, Francisco, 6 (44)
Etayo, Fernando, 4 (62)
Figuroa, Adriana, 8 (132)
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^a Concepción, 8 (16)
Gomollón, Fernando, 9 (38), 18 (4)
González, Álvaro, 10 (24)
González, Ángel 20 (70)
González, Santos, 12 (106)
Gracia, Gustavo, 14 (102)
Grupo Aragosaurus, 11 (32)
Hurtado, Martín, 11 (84)
Ibañez, Raúl, 8 (48)
Ibarra, Paloma, 6 (32)
Ibarra, Ricardo, 4 (128)
Laguna, Antonio, 8 (16)
Lanaja, Javier, 8 (32)
Lantero, José Manuel 19 (42)
Leunda, María, 19 (4)
Liñán, Eladio, 2 (28), 3 (58)
Lizarbe, M^a Antonia, 8 (98)
Lozano, Manuel, 6 (64)
Lozano Imízcoz, M^a Teresa, 8 (110)
López Pellicer, Manuel, 10 (114)
López Pérez, Manuel, 10 (94)
Maestro, Adolfo, 7 (76)
Marín-Yaseli, Julia, 2 (14)
Martín, Manuela, 16 (46), 17 (4)
Martín, M^a Teresa, 16 (46), 17 (4)
Martínez-Rica, Juan Pablo, 1 (13), 5 (16), 15 (26), 20 (24)
Martínez, Vicent, 14 (4)
Martínez-Lostao, Luis, 13 (22)
Martínez-Pérez, José Manuel, 18 (50), 20 (54)
Martínez-Ripoll, Martín, 18 (24)
Matesanz, José, 8 (32)
Mauriz, Isabel, 18 (50), 20 (54)
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)
Mira, Jorge, 10 (16)
Moles, Mariano, 4 (38)
Montalvo, Gemma, 15 (58)
Montañés, Margarita, 7 (124)
Moreno, Ana, 19 (4)
Núñez-Lagos, Rafael, 2 (70), 5 (54), 12 (30)
Olave, Pilar, 12 (60)
Orera, Víctor M., 7 (42)



Oriol, Luis, 13 (46)
Ortega, Juan José, 20 (16)
Pagliano, Silvia, 8 (76)
Palacián, Susana, 1 (12), 7 (88)
Pardo, Alfonso, 8 (32)
Pardo, Gonzalo, 18 (36), 20 (70)
Pardo, Julián, 13 (22)
Pelacho, Maite 16 (74)
Peleato, M^a Luisa, 3 (32)
Peña, Rubén, 1 (11), 5 (68)
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)
Pobes, Carlos, 4 (28), 6 (90), 10 (38)
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)
Rubio, Beatriz, 17 (86)
Rubio, Mario, 3 (76)
Sabadell, Miguel Ángel, 5 (84), 14 (56)
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)
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, Roberto, 1 (24)
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)
Vila, Crístóbal, 17 (86)
Villar, José Ángel, 6 (90), 8 (116)
Villarroya, Jorge, 7 (54)
Virto, Alberto, 3 (38), 5 (98), 10 (142)
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



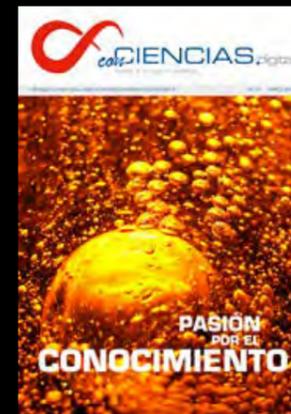
divulgacionciencias.unizar.es/
revistas/web/revistas/revista/4



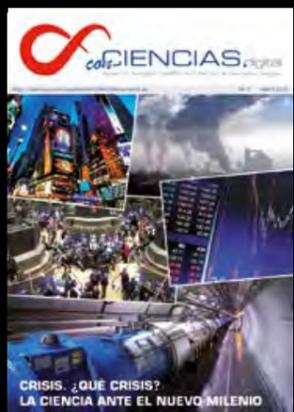
divulgacionciencias.unizar.es/
revistas/web/revistas/revista/17



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



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



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



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



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



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



↓
¡DESCÁRGALA GRATIS!

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

