

EDITORIAL

El viernes 21 de diciembre de 2007, el Consejo de Ministros aprobó el real decreto que convierte al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en Agencia Estatal, con el fin de “profesionalizar al máximo su gestión y dotarlo de mayor autonomía y más agilidad”.

Era algo esperado con ilusión desde la aparición de la Ley 28/2006, de 18 de julio, sobre Agencias Estatales. El suceso ha euforizado, con razón, a la ministra Cabrera que considera a este nuevo instrumento jurídico “un traje a la medida del Organismo”. Y a su vez, el presidente del CSIC, Carlos Martínez Alonso, ha ido más allá al afirmar que esta transformación convierte al organismo “en la mayor agencia de investigación de Europa” y es “un importante paso para permitir que el sistema español de investigación científica se equipare al de los países más avanzados”.

Es posible que los científicos no pertenecientes al CSIC encuentren hiperbólicas las palabras de su presidente, por más que encuentren comprensible y digno de encomio que el presidente del tal organismo no tenga reparo en ejercer de abuela en ocasión tan señalada. El tiempo dirá si se cumplen –y en qué medida– tales presagios. Pero todo este lance jurídico y dispositivo de la nueva definición del CSIC ha dado lugar a la formulación de unos textos legales, por demás interesantes, para advertir que los responsables políticos de nuestra ciencia y de nuestra tecnología –nos referimos especialmente a los de los gobiernos socialistas– han profundizado venturosamente en la percepción de la naturaleza del hecho científico y en el menester del investigador. Han profundizado, queremos decir, respecto a los políticos que en 1986 hicieron la llamada Ley de la Ciencia.

¿Cómo han sido las condiciones de trabajo de nuestros científicos como consecuencia de esta Ley o, más precisamente, del mastodóntico instrumento por ella creado: el Plan Nacional de I+D? Los felices auspicios que formulan la ministra Cabrera y el presidente del CSIC, Carlos Martínez, respecto a la nueva marcha del CSIC, pero sobretudo las razones internacionalmente tan comunes y tan contrastadas por las que se ha llevado a cabo dicho cambio, ofrecen sobrada enjundia para que se plantee una revisión, y consiguientemente una nueva orientación en la concepción del sistema Ciencia-Tecnología español. No sólo en el CSIC.

Nada más lejos de nuestros deseos que el bandazo sacudido en el curso de nuestra Historia, o lo que es lo mismo, corregir un exceso con

otro exceso. Y nada más injusto que el rechazo de lo que ha habido de aportación valiosa en nuestro pasado relativamente reciente. Por eso es preciso recordar al grupo de expertos del PSOE que no sólo hicieron la Ley de la Ciencia, sino que nueve o diez años antes –con motivo de una convocatoria de becas precisamente en el CSIC– introdujeron en España la cultura del Manual de Frascati, es decir, un sistema de conceptos, promovido por la Agencia Europea de la Energía, formulado para racionalizar y legitimar el hecho científico ante unos Parlamentos cada año más urgidos a presupuestar cantidades enormes para la I+D. La Ley de la Ciencia fue la Puerta Grande por la que, con todos los honores, entró en nuestra política presupuestaria la I+D española. Fue también el fruto de una reflexión ética sobre la responsabilidad en el uso de los caudales públicos. En consecuencia se dio un cerrojo sobre todos los caudales públicos de I+D, y el dinero del Estado se recluyó con exclusividad en la caja única del Plan Nacional. Al faltar la anterior capilaridad en la aplicación de fondos de I+D, hubo que montar una gran máquina burocrática capaz de aplicar fondos a la totalidad del sistema, de manera racional, responsable y controlada, en régimen competitivo y con criterios de excelencia. Ese fue el cometido del Plan Nacional que obviamente tenía que definir una tabla de prioridades capaz de juzgar la idoneidad de las peticiones de crédito y establecer el “ordo praelationis” en la selección de las propuestas.

Las Secretarías, Direcciones, Subdirecciones, Jefaturas de Servicio, Asesorías, Coordinaciones y Gerencias del Plan Nacional se proveyeron con gente propia, dicho suavemente en términos partidistas, dando como resultado una dependencia abrumadora del hecho científico respecto de la política oficial y de la de partido. Dicho de otra forma en apariencia más inocua, –en realidad mucho más grave en la óptica de una sociedad democrática avanzada– la I+D no ha sido un asunto propio de la *societas civil* en España.

Y es que el Plan Nacional se erigió como un inaccesible castillo de Kafka, cuyo acceso tan sólo era posible por la entrega de unos papeles sumamente protocolizados con los que se solicitaba la concesión de un “proyecto” científico. El *proyecto* científico se convirtió en la única financiación posible de la Ciencia o de la Investigación. Automáticamente los investigadores quedaron divididos en dos clases social y económicamente desiguales: el investigador con *proyecto* y el investigador sin *proyecto*. El fomentar el trabajo en *proyecto*, es decir, en equipo, tenía su buena intención. Se suponía que los investigadores públicos eran trabajadores

“de excelencia” que sólo debían dedicarse a cuestiones complejas, interdisciplinarias, y de gran trascendencia en la vida científica, es decir, temas grandes y especialmente valiosos que requerían expertos diversos porque sobrepujaban las capacidades de un solo científico y el ámbito de una sola disciplina o subdisciplina. Pero todo esto era tan bien intencionado como irreal. Un verdadero proyecto de investigación es una de las realidades más serias, exquisitas y actuales en la I+D de nuestro tiempo. Y es un propósito difícil de llevar a cabo. Que tres, cuatro, cinco, o seis investigadores se mancomunen para centrarse en el estudio de una única realidad poliédrica y con implicaciones interdisciplinarias es un acontecimiento de I+D que no se ve todos los días. Lo que se ve, y es lo más común y ordinario, es que dos o tres investigadores se interroguen entre sí sobre sus respectivos temas de interés y discurren animadamente sobre la posibilidad de presentar sus trabajos como un proyecto único formulado con una vistosa y especiosa abstracción. También se da el investigador que invita a otros a integrar nominalmente su equipo como quien invita a subir a un autobús. Y también se da el invitado que accede a figurar como miembro de un proyecto a cambio de una cantidad numeraria con la que hará su propia investigación.

El sistema conformado por el Plan Nacional hace ya tiempo que organizó sus defensas y contribuyó decisivamente a su propio deterioro y ridículo. Un grandísimo número de proyectos se dotaban con la exigua cantidad de tres millones de pesetas, lo que comportaba una auténtica “*contradictio in terminis*”, porque el concepto mismo de proyecto implica una concentración de recursos humanos y de amplios medios dinerarios. Pero el proceso de deterioro ha seguido adelante, y hace ya bastante tiempo que se prodigan los proyectos de un millón de pesetas, cantidad manifiestamente inferior a las financiaciones basales (alrededor de 300.000 pesetas) con que en la primera época del Plan Nacional se asistía a los investigadores sin proyecto. El sistema conformado por el Plan Nacional, pese a estos funcionamientos degenerativos, ha seguido rigiendo la vida científica como el ya mencionado castillo de Kafka, carente de mediaciones entre él y los papeles del investigador, y relegando las direcciones de los Centros a las funciones puramente administrativas.

La introducción del Decreto de transformación en Agencia del CSIC suena como un esperado canto de libertad. “Si bien el Consejo Superior de Investigaciones Científicas ha desarrollado una importante labor a lo largo de su historia, su rendimiento podría verse notablemente mejorado si se le dotara de competencias que le permitieran funcionar con una mayor agilidad y autonomía”. Y después de situar la institución CSIC en el contexto de la Unión Europea, donde los Estados disponen de organizaciones de investigación que cumplen un amplio abanico de funciones para garantizar su desarrollo científico-tecnológico, afirma que “estas organizaciones gozan de instrumentos de gestión propios y desarrollan su actividad colaborando con otros agentes del sistema de ciencia y tecnología, siendo en la mayoría de los casos auténticos articuladores del desarrollo de la actividad investigadora de sus Estados”. Tal es el caso del Consejo Superior de Investigaciones que desempeña un papel central en la política científica y tecnológica de la Administración General del Estado, ejerciendo funciones que abarcan desde la investigación básica hasta la prestación de servicios, vinculadas a las distintas áreas de conocimiento y articulando el sistema de ciencia y tecnología español a través de la colaboración con otras instituciones especialmente con las universidades y los hospitales”.

La gravedad y el alcance de estos textos exceden toda ponderación. Se mantiene el nombre de la Institución en toda su integridad (como solicitamos al presidente del CSIC, Carlos Martínez, tras su toma de posesión del Organismo): “Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas”. Y también como se postuló desde estas páginas, se considera que el CSIC desempeña un papel central en la política científica y tecnológica de la Administración General del Estado. Entre sus funciones se enumera la investigación básica en primer lugar –algo que celebramos con profunda satisfacción– y en cuanto a su papel central lo desempeña “articulando el sistema de ciencia y tecnología español a través de la colaboración con otras instituciones”. Se trata, por tanto, de una recomposición del CSIC, de una recuperación de su papel vertebrador de la comunidad científica española en una Nación que tiene en la actualidad más de 70 Universidades. Y en cuanto a la kafkiana presencia del Plan Nacional, con sus rígidas y exclusivas convocatorias anuales, el Estatuto del CSIC “tiene un enfoque poco reglamentista con el fin de que la Agencia pueda adaptarse con facilidad al ritmo cambiante de la actividad investigadora”.

Insistimos. El decreto de transformación del CSIC no puede no ser un replanteamiento de toda la I+D española y sus consecuencias tienen que notarse en el interior del propio Ministerio de Educación y Ciencia que es la primera víctima de un sistema torturante. Rodríguez Zapatero puede haber cumplido su promesa de aumentar sustancialmente la dotación económica de la I+D, pero desde hace casi tres años las oficinas del Ministerio quedan en evidencia porque no son capaces de aplicar anualmente todos los fondos de que disponen. Se inculpa a los titulares de las altas dependencias ministeriales, y ha habido ceses especialmente penosos de personas espléndidas de fondo y forma que hubieran debido enriquecer y modernizar la acción ministerial. Desde el Ministerio se piensa que en el sistema ciencia-tecnología faltan gerentes que sepan mover papeles de acuerdo con las prescripciones de las Leyes presupuestarias y de Procedimiento administrativo. Y no se piensa –por lo visto– que es el Ministerio quien no tiene que hacerlo todo. Hay que estirar el área de decisiones, hay que compartir más el Gobierno –la Agencia Estatal CSIC puede comportar un gran desahogo–, pero la sociedad civil debe adquirir el protagonismo que se le debe. Y los problemas en transferencia de tecnología, que son sumamente graves en el campo de la investigación agraria, se acentúan al quedar desligados los Centros de Investigación de los de Transferencia (antiguos Centros de Experimentación de Extensión Agraria), y sobre todo de los agricultores y de sus cooperativas. Por eso las empresas deben entrar en el nivel ejecutivo, es decir en los consejos de dirección de algunos centros. Hoy en día la comunidad científica se va articulando también en la COSCE (Confederación de Sociedades Científicas de España) y junto con las Reales Academias puede decantar valores científicos de absoluta solvencia, cuya financiación debe hacerse con fluidez, y no tan sujeta a convocatorias válidas para investigadores primerizos, pero menos justificadas y un tanto vejatorias para los científicos que ya tienen todo demostrado, y las Comunidades Autónomas, que son las que viven sobre el terreno, deben conocer dónde están las empresas que merecen un impulso desde las alturas del Estado. El ejemplo de Navarra, que se trae en estas mismas páginas, es buena muestra de ello. Se debe recordar que lo que podía haber sido una buena Ley de la Ciencia nos condujo al “castillo inmovilista” del Plan Nacional. ■



Los años nos engrandecen

Cuando en 1987 nació "Carburos Metálicos" sus fundadores no imaginaban hasta dónde llegaría la expansión de la empresa, que hoy se ha convertido en una de las principales suministradoras de gases para la industria, la ciencia, la sanidad, la alimentación y, en general, en múltiples procesos y productos que mejoran nuestra calidad de vida, respetando siempre el medio ambiente.

Pero la progresión no es fruto de la casualidad ni de la suerte.

Los avances siempre son producto del esfuerzo continuado por mantenerse en la vanguardia de la innovación, del eterno espíritu de superación y sobretodo de la capacidad para ser consecuentes con un valor que se mantiene desde hace ya 110 años...

la voluntad de ser mucho más que un proveedor de gases, un servicio a la sociedad.

 **CARBUROS METÁLICOS**
Grupo Air Products

te escuchamos
www.carbuos.com

Director: Jesús Martín Tejedor

Editor: Enrique Ruiz-Ayúcar

Consejo Editorial: Antonio Bello Pérez, Luis Guasch, María Arias Delgado, Ismael Buño Borde.



Junta de Gobierno de la Asociación Española de Científicos (AEC).

Presidente: Jesús Martín Tejedor

Vicepresidente: Ismael Buño Borde

Secretario General: Enrique Ruiz-Ayúcar

Vocales: María Arias Delgado, Antonio Bello Pérez, José Luis Díez Martín, Pascual Balsalobre, Fernando García Carcedo, Armando González-Posada, Sebastián Medina, Felipe Orgaz Orgaz, Jesús María Rincón, Jaime Sánchez-Montero, Alfredo Tiemblo, Antonio Cortés Ruiz, Luis Guasch Pereira, José María Gómez de Salazar, Marcial García Rojo, Celia de la Cuadra.

Edita: Asociación Española de Científicos. Apartado de correos 36500. 28080 Madrid.

ISSN: 1575-7951. Depósito legal: M-42493-1999. Imprime: Gráficas Mafra

Esta revista no se hace responsable de las opiniones emitidas por nuestros colaboradores.

Sitio en la Red: www.aecientificos.es

Correo electrónico: aecientificos@aecientificos.es

ÍNDICE

La I+D+I de Navarra se echa "p'alante"
con decisión y acierto

JESÚS MARTÍN TEJEDOR 5

Silensis, una investigación
al servicio del confort acústico

DEPARTAMENTO TÉCNICO DE HISPALYT 10

Rehabilitación edáfica de canteras de roca caliza
mediante la aplicación de rechazos minerales y
lodos de depuradora

MANUEL MIGUEL JORDÁN VIDAL 14

Análisis de Ciclo de Vida (ACV), Protocolo
de Kioto y producción de materiales cerámicos

G. MONRÓS, C. GARGORI, J. BADENES, M.A. TENA 19

Crononutrición: uso de leches disociadas para
mejorar los ritmo sueño/vigilia en lactantes

C. BARRIGA, J. CUBERO, D. NARCISO,
P. TERRÓN, R. RIAL, M. RIVERO Y A.B. RODRÍGUEZ 27

La compleja evolución de la Enfermedad
de Alzheimer durante sus cien años de existencia:
investigación, clínica y asistencia sociosanitaria

ADOLFO TOLEDANO, M^a ISABEL ÁLVAREZ
Y SANTIAGO TOLEDANO-DÍAZ 31

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

• Deimos Space y el proyecto "Don Quijote" 38

• Francisco Fernández-Avilés Díaz
y la investigación en cardiología 40

• Gonzalo Almendros Martín
o la bioquímica del suelo 41

• José Esquinas Alcázar y la biodiversidad 43

• Alcoholes de Uruguay y su proyecto
Sucroalcoholero 45

La I+D+I de Navarra se echa “p’alante” con decisión y acierto

AUTOR: JESÚS MARTÍN TEJEDOR

Las dos jotas famosas del lumbierino Larregla sirven para expresar la doble dimensión del momento presente de Navarra por lo que respecta a su forma o su estilo de enlazar el futuro. Por una parte la factura concertística del *Viva Navarra* nos sugiere altura, nivel científico, seriedad y hasta espíritu señorial propio del navarro viejo y con casta. Por otra parte la garganta vibrante y el son templado de la jota para voces *Navarra siempre p’alante* nos remite al empuje racial y siempre joven de este viejo Reino que, a lo que se ve, ha decidido no sólo *tirar p’alante* sino tirar del carro de esa nueva modernidad, la del conocimiento, de la tecnología y de la innovación de la que sustancialmente depende nuestra bienandanza como país.

Nos parece interesante caracterizar este desarrollo de Navarra, porque a nuestro modo de ver presenta notas paradigmáticas que pueden servir de inspiración para otros territorios o comunidades.

1. LOS ANTECEDENTES DEL TERCER

PLAN TECNOLÓGICO DE NAVARRA

El 14 de mayo de 2007 el presidente de la Comunidad Foral, Miguel Sanz, presentó el Tercer Plan Tecnológico de Navarra para los años 2008 a 2011, con una inversión de 228,96 millones de euros, es decir, casi 40.000 millones de pesetas. Aparte de la creciente económica o financiera se mostró, al mismo tiempo, un cuadro institucional e instrumental para el desarrollo de la I+D+I que merecerá después una atención detallada por nuestra parte.

El Tercer Plan Tecnológico de Navarra no es una floración espontánea y repentina, puesto que el adjetivo tercero presupone la existencia de dos Planes anteriores.

En efecto, entre los años 2000 y 2003 Navarra llevó a cabo su Primer Plan Tecnológico. Dedicó a investigación y desarrollo el 1,41 del PIB, pero bien advertido que de esa proporción, el 1,01 fue aportación de las empresas. En otros términos, en ese cuatrienio invirtió Navarra 515 millones de euros, de los cuales 353 eran de financiación empresarial. Por lo que respecta a patentes, en 2003 Navarra registró 117 frente a las 138 de Aragón, pero bien advertido que la media estatal fue de 69, y que en 2004 ya había pasado a ser la primera. En esos años del Primer Plan el Gobierno de Navarra cuadruplicó el presupuesto para I+D+I de los años anteriores.

Este Primer Plan Tecnológico era una serie de actuaciones de choque no muy especializadas que pretendían difundir y mo-

tivar la preocupación tecnológica lo más posible, y al propio tiempo empezar a discernir y disponer instrumentos de infraestructura tecnológica que las empresas deberían ir acostumbrándose a utilizar.

El Segundo Plan Tecnológico para el período 2004 a 2007 nació con propósitos más intencionados respecto a su proyección en la sociedad y en la calidad de vida de los ciudadanos. Pretendía también consolidar la actividad ocasional de las empresas en I+D+I mediante la adopción de una planificación estable en esta materia y un hábito asentado de recurrir a los diversos agentes tecnológicos especializados, capaces de situar la acción de las empresas en contextos más amplios de alcance nacional y europeo y más abiertos a la competitividad. A tal fin triplicó y hasta cuadruplicó los presupuestos dedicados a la asimilación de una cultura de la innovación sensible al cambio y abierta a una formación continua. Pero los dos focos de atención en los que este Segundo Plan gastó el 82% de su presupuesto total fueron en primer lugar el apoyo a los proyectos empresariales de I+D+I y en segundo lugar la dotación de medios e infraestructuras de los agentes tecnológicos especializados, tanto para reforzar y perfeccionar los equipamientos ya existentes en el Primer Plan, como para fundamentar los recién creados en el nuevo Plan.

En general, el Segundo Plan exhibe una maduración conceptual en parte inmanente al proceso navarro, y en parte reflejo de las formulaciones que van abriéndose camino en la I+D+I europea o internacional. Así parece que debe entenderse su mención de los “Proyectos integrados” que, a nuestro juicio, es una aspiración compleja y acaso prematura del nuevo Plan, aunque no falta acierto y realismo en el señalamiento de tres actuaciones ecológicas importantes y necesitadas del concurso de plurales agentes. En todo caso es reflejo de una maduración real y de un espíritu plausible su aspiración a formalizar convenios con el Ministerio de Ciencia que le faciliten su coordinación tanto con el Plan Nacional de I+D+I para el período 2004-2007, como con el VI Programa Marco Europeo de Investigación (2002-2006). Fruto de esta maduración y apertura será su interesante ejecutoria en sus relaciones con el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) del Ministerio de Industria.

Según balance del año 2005, el Departamento de Industria y Tecnología, Comercio y Trabajo de Navarra había patrocinado 737 proyectos de innovación empresarial planteados por los empresarios navarros. De esos 737 proyectos este Departamento financió 438 por valor de 111,95 millones de euros. Es de sumo interés advertir que, de esos 737 proyectos, 299 fueron financiados por el CDTI por valor de 131,82 millones de euros.

Sólo en el año 2005 entre el Departamento de Industria y Tecnología de Navarra y el CDTI han financiado 180 proyectos de I+D+I presentados por empresas navarras y cuyo presupuesto era de 133,96 millones. Las ayudas recibidas para su ejecución cifran 58,42 millones de euros, de los cuales 17,42 han sido subvenciones del Departamento de Industria y Tecnología de Navarra y los 41 millones restantes del CDTI, que ha impulsado económicamente a 67 de esos 180 proyectos. Significa esto que el CDTI ha respaldado sólo en Navarra el 10% del total de proyectos aprobados por el Estado, proporción que sitúa a Navarra, tras Cataluña y País Vasco, como la tercera comunidad autónoma a este respecto.

Nada tiene de extraño que en junio de 2005 el Gobierno de Navarra y el CDTI firmaran un acuerdo de colaboración que va a fijar de manera estable la cooperación entre Navarra y el Estado para promover la innovación y el desarrollo tecnológico. De la importancia que este paso comporta basta advertir que, de los 977 millones de euros que gestionará en primera asignación el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 793 los gestionará el CDTI en los años 2007 a 2013 y precisamente aplicándolos a las Comunidades Autónomas.

2. EL TERCER PLAN TECNOLÓGICO

DE NAVARRA Y EL PROTAGONISMO

DE LA SOCIEDAD CIVIL

Estos fueron los antecedentes del Tercer Plan Tecnológico de Navarra que han llamado nuestra atención porque han hecho de esta autonomía histórica, según datos del Instituto Nacional de Estadística, la comunidad española con más personal dedicado a tareas de I+D: 4.493, es decir, el 16,37 por mil de la población activa, bien advertido que la media española es del 9,21 por mil. El mismo sentido de superación tiene el dato de que dedica a innovación tecnológica el 1,92 % de su PIB, siendo la media española de 1,2 %.

El Tercer Plan Tecnológico de Navarra vino precedido por la creación de RETECNA, Red de Centros Tecnológicos de Navarra, que coordinaba nueve agentes tecnológicos cuya ejecutoria global en el año 2005 había sido brillante: prestación de servicios a 1.092 empresas; puesta en marcha de 40.671 proyectos; compactación de una plantilla de investigadores que entre los nueve centros tenía 613 personas de las cuales 184 eran doctores. Estos nueve agentes son: AIN (Asociación de la Industria Navarra); CEMITEC (Centro Multidisciplinar de Innovación y Tecnología de Navarra); CENER (Centro Nacional de Energías Renovables); CIMA (Centro de Investigación Médica Aplicada); CITEAN (Centro de Investigación Tecnológica de Automación de Navarra); CNTA (Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria); IDAB (Instituto de Agrobiotecnología); ILL (Instituto Lactológico de Lecumberri); L UREDERRA (Fundación para el Desarrollo Tecnológico y Social). El 20 de Noviembre de 2007 se presentó oficialmente el IDIMA (Investigación, Desarrollo e Innovación en Medio Ambiente) en un acto, celebrado en el castillo de Villamayor de Monjardín, en el que el Presidente de Navarra, Miguel

Sanz, invitó al nuevo centro tecnológico a incorporarse en Retecna. Ignoramos si ha tenido efecto la invitación presidencial.

Este elenco de centros tecnológicos no es homogéneo en cuanto a su titularidad y a su naturaleza. Algunos, como el CENER son de titularidad pública o su actuación tiene implicaciones oficiales como el CNTA cuyo laboratorio de análisis en el área alimentaria está homologado y garantizado por el Gobierno de Navarra y, cosa curiosa, por la Junta de Andalucía. Otro, como el CIMA, es de radicación universitaria, aunque no pública, porque pertenece a la Universidad de Navarra, del Opus Dei. Y la Fundación L UREDERRA, además de sus aportaciones tecnológicas, es vivero empresarial para emprendedores que durante los cinco años iniciales pueden ubicar su empresa en las instalaciones de la Fundación.

Pese a estas diversidades todos tienen en común su pertenencia a RETECNA, instrumento básico para la realización de la política tecnológica de Navarra, del que quisiéramos recalcar que, casi en su totalidad, es fruto y expresión de la sociedad civil de este viejo reino.

¿Cómo se armonizan estos dos términos de *política tecnológica* y de *sociedad civil*? La pregunta tiene sobrada enjundia, sobre todo si la formulamos en el contexto del Editorial con que se abren las páginas del presente número de *Acta Científica y Tecnológica*. Vale decir en términos generales que la acción de Gobierno, especialmente el uso de caudales públicos siempre sujeto a la Ley de Procedimiento Administrativo, no se compadece con la fluidez, urgencia y eficacia que son necesarias en una investigación científico-tecnológica atenta a las posibilidades y requerimientos del cambio social y abierta a una rápida comunicación internacional. Una Administración Pública, por muy seria y competente que sea, difícilmente podrá llevar el paso de la empresa privada. Pues bien, la respuesta a la pregunta inicial de este párrafo tiene un nombre: ANAIN, es decir, Agencia Navarra de Innovación.

La Agencia Navarra de Innovación (ANAIN), "es una Sociedad Anónima perteneciente al Gobierno de Navarra creada para gestionar de forma global, coordinada y pragmática la innovación en Navarra, promoviendo su incremento cualitativo y cuantitativo" (*Basque Research*, Directorio de I+D+i, 04.01.2008). Por su parte la web *Navactiva* (05.01.2008) concreta más esta finalidad al señalar que "entre otras tareas tiene encomendada la ejecución de parte del Plan Tecnológico de Navarra cuyo objetivo es mejorar la competitividad de las empresas de Navarra, favoreciendo el desarrollo económico y fomentando el empleo a través del incremento cuantitativo y cualitativo de la actividad tecnológica." Es, por tanto, una Sociedad de titularidad pública cuya actuación goza de la libertad y expedición propia de la empresa privada.

Con este instrumento, la acción política y la aplicación de caudales del Estado goza de una permeabilidad en la sociedad navarra por la que se explica el hecho venturoso y ejemplar de que en la definición del Tercer Plan Tecnológico han intervenido 120 representantes del empresariado navarro que han aportado los requerimientos y la creatividad de la sociedad civil. A decir verdad,

buena parte de esta participación de la sociedad civil y del empresariado se debe también a las peculiaridades del espíritu público del viejo Reino caracterizado por su prontitud para la colaboración activa y el cooperativismo, fruto de una realidad foral que no queda en la mera exención o privilegio, sino en la capacidad subvenir por sí mismo a los requerimientos que en otras regiones atiende el Gobierno Central o la Administración del Estado. En el nuevo Plan ha habido también una curiosa salida al exterior para compararse con los desarrollos y la innovación de otras regiones europeas. A tal efecto se contrataron dos expertos internacionales especialistas en políticas regionales de innovación.

En cuanto al contenido temático, según declaraciones de Rafael Mugerza, Director del Servicio de Innovación y Tecnología del Gobierno de Navarra –y alma de todo este proceso de despegue tecnológico–, este Plan intenta “promover el desarrollo equilibrado y sostenido del tejido empresarial, aprovechado la potencialidad de proyectos y sectores estratégicos como los ya detectados en biotecnología (orientada a salud, agroalimentación y medioambiente) nanotecnologías, energías renovables, TIC, automoción u otros sectores que puedan surgir en el futuro”. (CEN 7 DIAS. Confederación de Empresarios de Navarra. Nº 141. 22 de junio de 2007)

La mención de las TIC (Tecnologías de la Información y de la Comunicación) nos remite a otro aspecto fundamental de la preocupación innovadora de Navarra que es la modernización de los diferentes departamentos del propio Gobierno Autonómico. A esta preocupación responde la creación de la Oficina de Gestión de Proyectos que hace de las TIC una herramienta fundamental para la transformación y adaptación de la Administración a las nuevas necesidades y tendencias. En realidad, el interés por las TIC se extiende horizontalmente a la totalidad del empresariado navarro como medio de propiciar su modernización. Por eso, la empresa pública ANAIN (Agencia Navarra de Innovación) y CEIN (Centro de Empresas e Innovación de Navarra), también de titularidad pública, han impulsado la creación de un *cluster* TIC de Navarra que engloba a más de 50 empresas de información y comunicación cuya actividad debe trascender a la totalidad del empresariado navarro. Todo esto se plantea también dentro del Tercer Plan Tecnológico.

3. LA PROYECCIÓN EXTERIOR

Y AL ESTE EUROPEO

La empresa ANAIN manifiesta un permanente interés por proyectarse en el ámbito europeo, y apoyar y asesorar a empresas navarras que pretendan entrar en los países de la Unión Europea. Con esta finalidad ha instrumentado un programa, *Análisis Individualizados para Proyectos Europeos* que intenta no sólo detectar en el exterior iniciativas esperanzadoras, sino asesorar y ayudar en la formulación y protocolización de proyectos.

Es interesante observar que para esta proyección exterior se cuenta con instrumentos pertenecientes a la sociedad civil que son

capaces de tender puentes al servicio de las preocupaciones gubernamentales y empresariales.

Uno de ellos es la Asesoría Industrial Zabala, empresa ya veterana fundada en 1986, que cuenta con 75 profesionales graduados en todas las ingenierías o en economía o en abogacía e incluso en periodismo. Su sede central está en Pamplona, pero tiene oficinas en Madrid y en Bruselas, y cuenta con una filial en Praga.

Más reciente es la empresa Iniciativas Innovadoras, con sede en Cizur Mayor, localidad próxima a Pamplona. Son un grupo de jóvenes especializados en la gestión de programas de la Unión Europea que actúa con gran dinamismo. Identifican y valoran ideas, buscan socios, reflexionan sobre posibles enfoques y redactan el proyecto. Tienen oficina en Varsovia y están a punto de inaugurar la de Hungría, desde donde piensan atender a Chequia y Eslovaquia. Desde Varsovia preparan su entrada en Estonia, Letonia y Lituania. Tienen contactos con Méjico y preparan un consorcio de empresas europeas que aspiran a instalarse en Paraguay.

La ya mencionada Fundación L Urederra, fundada en 1999 en Zudaire, ha procurado tender una red de contactos en Europa y participa en no pocos consorcios europeos de investigación y desarrollo. En el Programa Marco de la Unión Europea tiene cuatro proyectos de I+D por un valor de 6,7 millones de euros, de los cuales esta empresa navarra ha aportado 783.277. Está siempre muy activa en la detección de ideas viables y muy abierta al empresariado navarro para facilitar su penetración en Europa.

Rafael Mugerza, en la entrevista arriba mencionada, habla también de las empresas BANTEC y GAP como cooperadoras en esta inflexión europea de Navarra, pero la presencia informática de ambas no nos ha resultado clara y nos limitamos a mencionar su existencia y actividad en este campo.

4. EL TRASFONDO CIENTÍFICO

Y UNIVERSITARIO QUE SUSTENTA

AL DESARROLLO TECNOLÓGICO

Este panorama valioso en sí mismo, pero también esperanzador puede causar cierta sorpresa a quienes, con base histórica o literaria, tenían una opinión de los navarros no bien avenida con la atribución de inteligencia. El aragonés Gracián, que no se reprimía un ápice a la hora de aplicar su genio a la maledicencia contra sus vecinos, usaba el adjetivo “corto como un navarro” para ponderar el ruín entendimiento de alguien. (A Valencia la definía como “ciudad apta para todo lo que no es sustancia”.). Más recientemente, es conocida la aporía incoherente que Pío Baroja creía detectar en el título de un diario pamplonés... “¿i Pensamiento y navarro !?” En realidad, y a la vista de lo que acabamos de exponer, parece más certera la profecía de Shakespeare en su obra *Trabajos de amores perdidos*, cuando dice uno de sus personajes en la Corte de Navarra: “Navarra será el asombro del mundo. Nuestra Corte, una pequeña academia, apacible, contemplativa, consagrada al arte”.

La realidad universitaria de Navarra no es la de “una pequeña academia”, sino la de un cierto emporio del saber que, especialmente en medicina, cuenta en varios continentes. Son dos Universidades presenciales (sin contar, por tanto, la Universidad a Distancia) cuya trascendencia en la sociedad navarra es evidente y lógica, no sólo a efectos culturales y educacionales, sino en lo que respecta a talante emprendedor y abierto al mundo. El considerando universitario es ineludible al caracterizar el actual movimiento empresarial y tecnológico de Navarra que tiene poco de “apacible y contemplativo”.

En realidad, cuanto hemos dicho de la tecnología empresarial y la innovación navarra, es decir, lo que Navarra hace, respalda, financia y gasta en esta materia es lo que en toda la nación compete al Ministerio de Industria. Pero toda la actividad tecnológica e innovadora sería de bajos vuelos si no estuviera precedida y respaldada por la investigación científica y universitaria. Ciertamente que en el nivel universitario puede producirse una ciencia básica pura que responda a meras curiosidades especulativas a las que tiene derecho el docente, al margen, incluso, de aquella consideración general de que, en materia de conocimiento, nunca se sabe dónde puede saltar la liebre (la liebre del conocimiento rentable, queremos decir), pero lo cierto es que la investigación científica universitaria, sobre todo la que se hace siguiendo los requerimientos de una prospectiva científica vigente, difícilmente no tendrá consecuencias tecnológicas. Queremos decir, en conclusión, que la acción del Ministerio de Educación y Ciencia, con los elevados caudales que aplica a la investigación científica, no puede quedar sin reseñarse en estas líneas.

En la Universidad Pública de Navarra hay un centenar de grupos de investigación que engloba a 850 investigadores. Investigadores de esta Universidad participan en 9 proyectos del Programa Marco Europeo de I+D con una financiación europea superior al millón de euros. El Ministerio de Educación y Ciencia, a través del Plan Nacional de I+D, ha financiado 31 proyectos de investigación por valor de 2 millones de euros. El Gobierno de Navarra ha financiado 20 proyectos por valor de 1,4 millones de euros. El Departamento de Educación ha financiado con 0,3 millones de euros 11 proyectos, y el Departamento de Salud lo ha hecho con 2. Del programa CENIT para grandes consorcios de investigación tecnológica ha obtenido esta Universidad, por valor de 1,7 millones de euros, 3 de los 15 proyectos concedidos por el Gobierno central.

De manera estable e institucional la Universidad Pública de Navarra cuenta con un Centro de Electrónica y Telecomunicaciones y nueve Departamentos: de Automática y Computación, de Ciencias del Medio Natural, de Derecho Privado, de Economía, de Estadística e Investigación Operativa, de Física, de Gestión de Empresas, de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, y de Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales. Todas estas unidades de trabajo científico, aunque pertenecen al Ministerio de Educación y Ciencia, están orientadas hacia las empresas, ofertándoles tecnología y servicios por medio de una OTRI perteneciente a la Red de Oficinas de Transferencia de las Universidades españolas.

A su vez la Universidad de Navarra, del Opus Dei, cuenta con el Centro de Investigación Médica Aplicada, que forma parte de RETECNA, como ya vimos, y otros nueve Departamentos: el de Botánica, el de Bromatología, Tecnología de Alimentos y Toxicología, el de Economía, el de Edificación, el de Empresa, el de Estructuras, el de Farmacia y Tecnología Farmacéutica, el de Física y Matemática Aplicada, y el de Fisiología Vegetal. Dentro de estas parcelas institucionales se produce una dinámica de grupos científicos vivos que totalizaban no hace mucho la cifra de 58. De ellos, 13 en el área de Ciencias Experimentales; 15 en Medicina (el Centro de Investigación Médica Aplicada, el CIMA, tiene él solo 300 investigadores); 22 en Ciencias Sociales y Humanidades; y 8 en Ingenierías.

La Universidad de Navarra ocupa lugares privilegiados en los *rankings* o *indicadores de productividad científica* del mundo entero. La *Web of Science*, quizá la más importante a escala mundial, proporciona datos que permiten situar a la Universidad de Navarra a la cabeza de 70 Universidades españolas, junto con las Autónomas de Barcelona y de Madrid y la Universidad de Barcelona. Cada año publica unos 200 libros de Ciencia.

Toda esta actividad científica tiene una proyección exterior, como oferta tecnológica y de servicios para las empresas, articulada en el Instituto Científico y Tecnológico de Navarra que consta de varios centros o departamentos. Así el CIFA (Centro de Investigación en Farmacología Aplicada) da salida a todos los departamentos que investigan en torno al producto farmacéutico. El IBA (Instituto de Biología Aplicada) engloba a los departamentos que investigan en agroalimentación, agrobiología, y medio ambiente. El CINDEB (Centro de Investigación y Desarrollo Biomédico) agrupa a los departamentos y servicios de investigación clínica. El EuroView da salida al departamento de audiovisuales, de desarrollo de programas multimedia y de desarrollo de aplicaciones del video interactivo. El de MEDIACIÓN engloba a los departamentos de la Facultad de Comunicación interesados en la investigación, estudio y desarrollo de la calidad de las empresas informativas y de sus profesionales. El TEMIS es un Programa de Tecnologías de Información para los Negocios. El CADIA asiste en temas de hormigones, aceros, mecánica del suelo, materiales de construcción, elementos estructurales y patologías de la construcción.

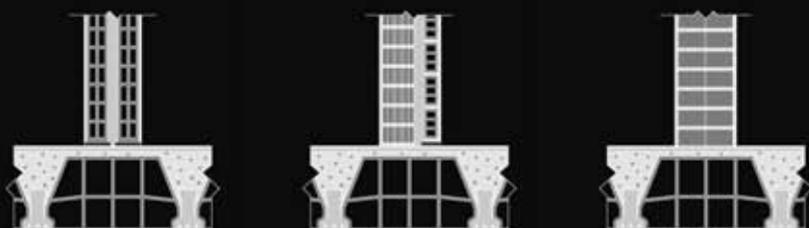
Para terminar esta visión global de la I+D+I de Navarra nos servirán estas autorizadas palabras de Muguerza en la entrevista que ya antes mencionábamos: *“ser competitivos a través del conocimiento y las relaciones entre las fuentes de conocimiento y las empresas como generadoras de riqueza es uno de los mejores caminos. En suma, saber traducir el conocimiento en riqueza y tener un sistema de innovación <excelente> es el reto inmediato. Conocer y saber valorar aquellos sectores en los que Navarra es fuerte, o en los que las posibilidades de crecimiento son mayores es lo que se ha tratado de explicitar en el III Plan Tecnológico”*. De Navarra han hablado Dante, Shakespeare, Gracián, Baroja, Galdós, etc., pero nos quedamos con Larregla y sus jotas, porque Navarra no sólo sigue viviendo, sino que va p´alante con fuerza y ejemplaridad. ■

calidad de vida



SSSSSSSS

Nuevo sistema constructivo
de **alto aislamiento acústico** para cumplir
el Código Técnico de la Edificación



Desarrollado por la Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas

www.silensis.es

silensis
Paredes de Ladrillo

Silensis, una investigación al servicio del confort acústico

AUTOR: DEPARTAMENTO TÉCNICO DE HISPALYT
Asociación Española de Fabricantes
de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida

El ruido es un inquilino no deseado en nuestras viviendas que interfiere en nuestra actividad diaria y en nuestro descanso. Dentro del Código Técnico de la Edificación, se encuentra el Documento Básico HR (habitabilidad frente al ruido). Este documento limita el riesgo de que los usuarios de los edificios, dentro de éstos y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades producidas por el ruido.

La NBE-CA-88 exigía el cumplimiento de unos requisitos en base al ensayo en laboratorio del elemento separador. El CTE introduce requisitos de aislamiento a ruido aéreo y de impacto más estrictos que los que recoge la NBE CA 88, basados en las prestaciones del edificio terminado, y verificables *in situ*.

De este modo, para el caso de viviendas adyacentes horizontal o verticalmente el requisito de aislamiento a ruido aéreo en horizontal y en vertical será $D_{nTA} > 50$ dBA. Asimismo, el aislamiento a ruido de impactos entre viviendas adyacentes horizontal o verticalmente o que compartan una arista horizontal común, será $L'_{nT,w} < 65$ dB.

Unas buenas prestaciones acústicas en laboratorio de los elementos constructivos es condición necesaria pero no suficiente para cumplir las exigencias *in situ* del CTE. El aislamiento obtenido en un ensayo *in situ* representa la suma de las contribuciones de los diferentes caminos de transmisión existentes en el edificio. Por ello, el aislamiento *in situ* no sólo es en función del aislamiento individual del elemento separador (pared separadora en horizontal o forjado en vertical) que es lo que se mide en la NBE-CA 88, sino que influyen muchos otros factores como:

- **Geometría:** Superficie del elemento separador, volumen del recinto receptor, etc.
- **Combinación de materiales de construcción:** Prestaciones acústicas en laboratorio de todos los elementos constructivos del edificio (forjado, suelo, techo, hoja interior de la fachada, tabiques y pared separadora).
- **Montaje adecuado a circunstancias:** Modo de unión entre sí de todos los elementos.
- **Correcta ejecución en obra.**

SILENSIS, LA RESPUESTA AL RETO

ACÚSTICO CON MATERIALES CERÁMICOS

ESTRUCTURALES

SILENSIS es un sistema constructivo integral desarrollado por la Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida (Hisपालyt) con unas altas prestaciones acústicas que garantiza el cumplimiento de las exigencias del CTE, al tiempo que asegura una elevada calidad, fiabilidad y robustez en obra a promotores y proyectistas.

Las soluciones SILENSIS mantienen las propiedades inherentes al ladrillo, tales como la seguridad al intrusismo, la resistencia al fuego, la inercia térmica y la ausencia de problemas acústicos debidos a la colocación de las instalaciones eléctricas y de saneamiento.

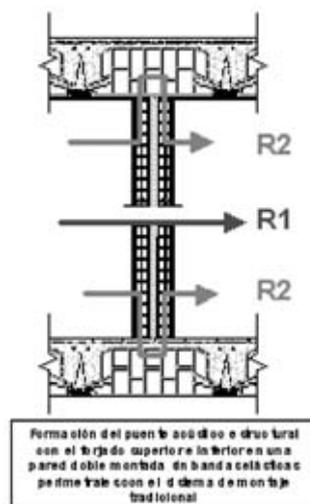
Este novedoso sistema constructivo se basa en el empleo de paredes separadoras cerámicas de una o de dos hojas, con bandas elásticas en las uniones con determinados elementos constructivos (forjados, pilares, fachadas, tabiquería, etc.) en función de la solución de que se trate.

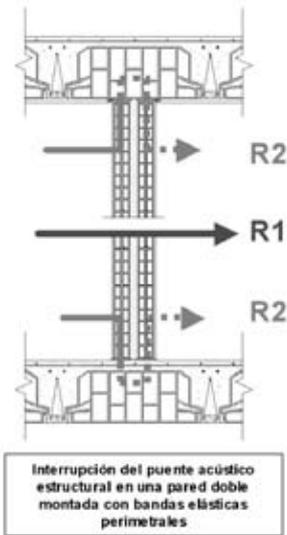
Las soluciones SILENSIS son válidas para todo tipo de formatos de ladrillos, de pequeño y de gran formato.

El análisis en profundidad de los fenómenos que se ven implicados en la transmisión del sonido a través de una pared de dos hojas de albañilería, mostró que el camino principal de transmisión del ruido era el 'puente acústico estructural' que se forma a través de la unión de las hojas con los elementos de flanco (forjados, paredes laterales y fachadas en el caso de obras reales; el propio marco de hormigón que exige la norma UNE-EN ISO 140-1 para el caso de laboratorios).

Es decir, en una pared doble el sonido se transmite de un recinto al otro a través de dos caminos, tal y como se refleja en la figura adjunta.

Siendo el camino R2: *ladrillo - borde - ladrillo* el camino de transmisión del ruido dominante en la mayoría de las situaciones comunes.





La colocación de bandas elásticas en el perímetro de las hojas de la pared interrumpe la transmisión de ruido a través del camino R2 eliminando el "puente acústico estructural" y mejorando con ello el aislamiento a ruido aéreo en horizontal.

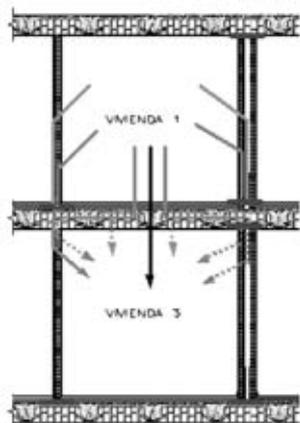
El aislamiento acústico en laboratorio de una pared doble cerámica con bandas elásticas perimetrales puede ser de entre 10 y 15 dBA mayor que el de la misma pared doble cerámica con el sistema

de montaje tradicional, es decir, sin bandas elásticas perimetrales. La mejora del aislamiento acústico de estas soluciones es debida a la desconexión de las hojas del resto de los elementos mediante bandas elásticas.

Por poner un ejemplo, una misma pared de ladrillo gran formato de 7 cm con 4 cm de lana de roca y otro ladrillo gran formato de 7 cm (ambos enlucidos con 1 cm de yeso) presenta un aislamiento en laboratorio de aproximadamente $R_w = 45$ dB, mientras que mediante la utilización de bandas en el perímetro de las paredes de ladrillo, el valor medido asciende a $R_w = 56$ dB.

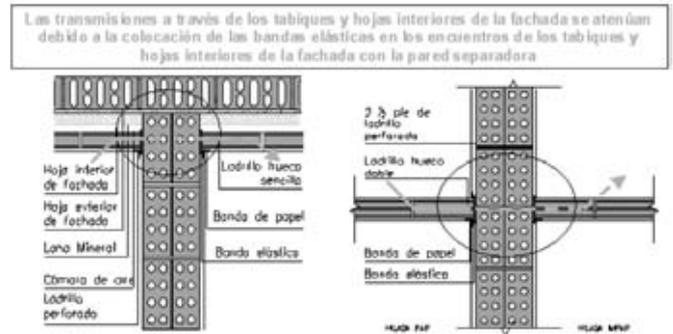
Por otra parte, la colocación de bandas elásticas en la base de los tabiques interiores, trasdosados de fachada y paredes separadoras, mejora el aislamiento acústico en vertical debido a la eliminación de transmisiones indirectas.

Esta mejora del aislamiento en vertical lleva asociada otras ventajas adicionales:



- Permite optimizar las láminas anti-impacto.
- Permite el uso de tabiques y paredes separadoras de menor masa y espesor.
- Evita la sobrecarga de la estructura.
- Aumenta la superficie útil.
- Disminuye el coste final viviendas.

Asimismo, la colocación de bandas elásticas en vertical, en la unión de los tabiques interiores y hojas interiores de la fachada con paredes separadoras de una hoja, mejora el aislamiento en horizontal al interrumpir los caminos de transmisión por flancos, tabique-tabique y hoja interior de la fachada-hoja interior de la fachada.



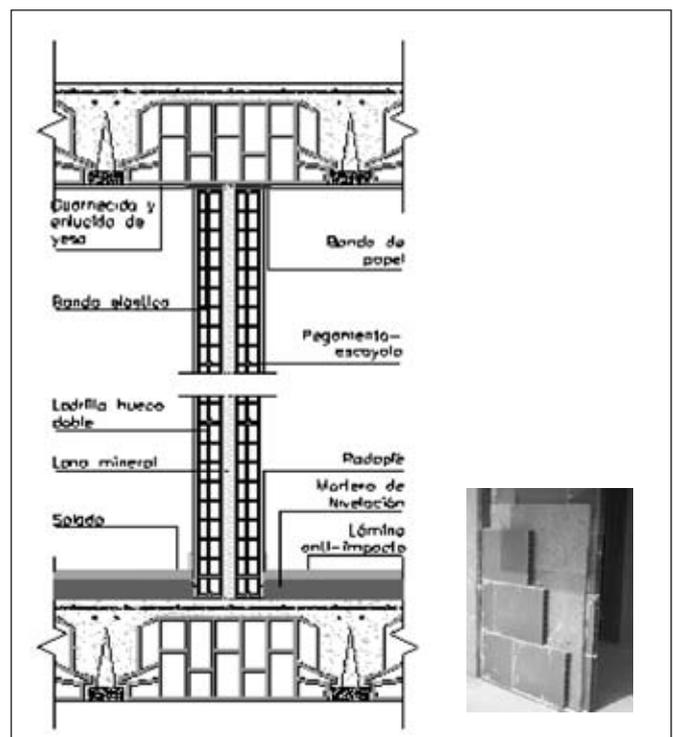
En resumen, el empleo de las bandas elásticas permite una mejora del aislamiento acústico en vertical y/o en horizontal en función de dónde se coloquen las bandas elásticas.

Con todo ello, SILENSIS permite el cumplimiento de las nuevas exigencias del CTE empleando paredes cerámicas de espesores y masas semejantes a las empleadas hoy en día, llevando a cabo ligeras modificaciones en el sistema de montaje actual.

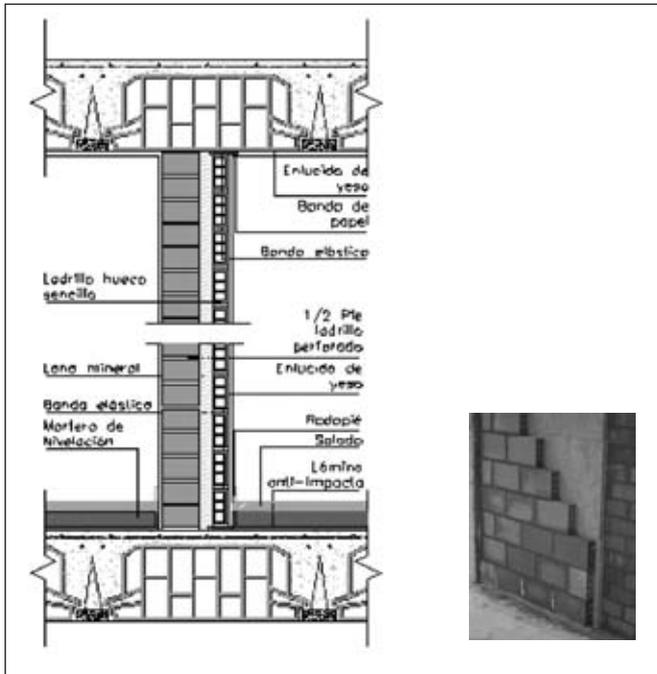
1. SOLUCIONES SILENSIS PARA CUMPLIR EL CTE

El sistema SILENSIS engloba tres soluciones que se diferencian fundamentalmente en el tipo de pared separadora empleada:

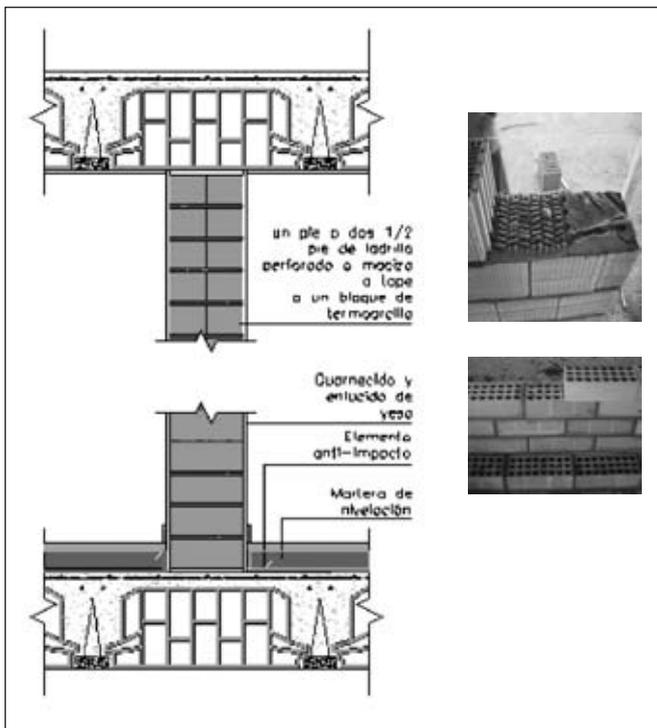
SOLUCIÓN TIPO 1.1: Pared doble cerámica con bandas elásticas en ambas hojas. Pared doble formada por dos hojas ligeras (ladrillo hueco doble o triple) con bandas en el perímetro de ambas hojas y material absorbente en la cámara.



SOLUCIÓN TIPO 1.2.: Pared doble cerámica con bandas elásticas en una de sus hojas. Pared doble formada por una hoja pesada (ladrillo perforado o macizo o bloque) apoyada con un trasdosado en una cara de una hoja ligera (ladrillo hueco sencillo o doble) con bandas elásticas en el perímetro y material absorbente en la cámara.



SOLUCIÓN TIPO 2: Pared simple sin bandas elásticas. Pared de una sola hoja pesada apoyada (un pie o dos 1/2 pie a tope de ladrillo perforado o macizo o, un solo bloque).



Las soluciones de SILENSIS son válidas para todo tipo de formatos, ladrillos de pequeño y de gran formato, y bloque Termoarcilla.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DE LOS SISTEMAS SILENSIS.

RESULTADOS EN LABORATORIO

Se han realizado múltiples ensayos en diversos laboratorios entre los que cabe destacar el Laboratorio del Gobierno Vasco, el Instituto de Acústica y Applus obteniéndose resultados de entre 52 y 63 dBA en función del espesor de la cámara, el material aislante, etc.

Es importante destacar igualmente que no sólo los aspectos acústicos han sido tenidos en cuenta durante el desarrollo del proyecto. También otras cuestiones técnicas –de incluso mayor importancia que la protección contra el ruido– han sido estudiadas en profundidad con resultados muy satisfactorios.

En lo referente a la estabilidad estructural, se han realizado ensayos de seguridad de uso a la categoría de cargas "a" y uso "III" según los criterios de la guía DITE 003 (EOTA)/ Edición Diciembre 1998 para elementos de división interior usados como muros no portantes. En dichos ensayos se evalúan los daños funcionales y daños estructurales, que experimenta el tabique al ser sometido a impactos de cuerpo duro, de cuerpo blando y cargas excéntricas. En concreto, se ha realizado el ensayo de un tabique de una sola hoja de LHGF7 cm con yeso a una cara y bandas de EEPS en todo su perímetro (caso mucho más desfavorable que el que se puede llegar a dar en la realidad). Los resultados de dicho ensayo han sido muy satisfactorios superándose los criterios establecidos por la norma.

En el aspecto de seguridad frente a incendios, se ha acreditado también mediante ensayo bajo norma EN 1364-1 un correcto comportamiento al fuego, cumpliendo las exigencias de la normativa vigente las soluciones constructivas presentadas. Un ejemplo de ello sería el ensayo realizado de una pared doble de LHGF 7 cm con bandas en el perímetro, lana mineral en la cámara y enlucida a ambas caras, que ha obtenido la clasificación de EI 240, la máxima clasificación posible.

3. VALIDACIÓN DEL SISTEMA

EN OBRAS REALES

Hasta el momento se ha presentado el desarrollo teórico y las pruebas en laboratorio del sistema, pero no se debe olvidar que los requisitos del CTE son *in situ*, y por lo tanto la solución constructiva debe funcionar en obras reales, con la consecuente resolución de encuentros entre elementos, presencia de pilares, shunts, patinillos, etc.

Por ello se han realizado diversas experiencias en obras reales con objeto de validar las prestaciones del sistema en situaciones reales, además de verificar su robustez ante los inevitables errores de ejecución.

TIPO DE SOLUCIÓN	Descripción de la muestra	Aislamiento acústico en laboratorio RA(dBA)
SOLUCIONES TIPO A (Paredes dobles con bandas elásticas en el perímetro de ambas hojas)	ENL 1 cm + LHDGF 7 cm Bp EEPS + LM 4 cm (70 Kg/m ³) + LHDGF 5 cm Bp EEPS + ENL 1 cm	53
	ENL 1 cm + LHDGF 7 cm Bp EEPS + LM 4 cm (70 Kg/m ³) + LHDGF 7 cm Bp EEPS + ENL 1 cm	56
	ENL 1 cm + LHD 7 cm Bp EEPS + LM 4 cm (70 Kg/m ³) + LHD 7 cm Bp EEPS + ENL 1 cm	54
	ENL 1 cm + LHD8 cm Bp EEPS + LM 4 cm (70 Kg/m ³) + LHD8 cm Bp EEPS + ENL 1 cm	56
	ENL 1 cm + LHDGF 9 cm Bp EEPS + LM 4 cm (70 Kg/m ³) + LHDGF 9 cm Bp EEPS + ENL 1 cm	56
	PCY 6 cm Bp EEPS + LM 6 cm (70 Kg/m ³) + PCY 6 cm Bp EEPS	56
SOLUCIONES TIPO B (Paredes dobles cerámicas con bandas elásticas en una de sus hojas)	ENL 1 cm + 1/2 pie LP + LM 4 cm (70 Kg/m ³) + LHS 5 cm Bp EEPS + ENL 1 cm	62
	ENL 1 cm + BCAM (300x190x140 mm) 14 cm + LM 4 cm (70 Kg/m ³) + LHS 5 cm Bp EEPS + ENL 1 cm	63
SOLUCIONES TIPO B (Paredes de una sola hoja sin bandas elásticas)	ENL 1,5 cm + BCAM (300x240x190 mm) + ENL 1,5 cm	52
	ENL 0,3 cm + RC 1 cm + BCAM (300x240x190 mm) + RC 1 cm + ENL 0,3 cm	54
	ENL 1 cm + 2 (1/2 pie LP (280x125x90 mm)) a tope + ENL 1 cm	54
	ENL 1 cm + BC (280x180x75 mm) + ENL 1 cm	54

Leyenda: ENL (Enlucido), LHDGF (Ladrillo Hueco Doble Gran Formato), LM (Lana Mineral), BP EEPS (Bandas Perimetrales Poliestireno Elastificado), LHD (Ladrillo Hueco Doble), PCY (Panel Prefabricado de Cerámica y Yeso), LP (Ladrillo Perforado), BCAM (Bloque Cerámico Aligerado Machihembrado), LHS (Ladrillo Hueco Sencillo), RC (Enfoscado de Mortero de Cemento), BC (Bloque Cerámico).

En cada promoción de viviendas se han seleccionado los recintos geoméricamente más desfavorables (generalmente dormitorios de alrededor de 2,5 m de profundidad respecto a la pared medianera) para su ensayo *in situ* según UNE-EN ISO 140 y bajo acreditación ENAC. Igualmente, se ha tomado como criterio el causar la menor interferencia posible respecto al proyecto constructivo original, buscando siempre lograr el cumplimiento de los requisitos del CTE con el menor sobrecoste o dilatación de los plazos de obra.

De esta forma se ha estudiado en detalle desde la fase de proyecto la transmisión de ruido entre los recintos más desfavorables, calculando la combinación óptima de soluciones constructivas y evaluando qué elementos más críticos era necesario modificar (habitualmente la adición de suelos flotantes y la modificación de los encuentros entre elementos para evitar la conexión rígida entre hojas). Lógicamente se ha buscado el cumplimiento de todos los requisitos acústicos del CTE (aislamiento a ruido aéreo en horizontal y vertical, y aislamiento a ruido de impactos) pese a que el estudio está centrado en paredes separadoras de viviendas. Una vez más hay que hacer hincapié en la necesidad de pensar en el edificio como conjunto y no sólo en las prestaciones individuales de cada elemento constructivo.

Una vez finalizada la ejecución de las promociones de viviendas, se ha procedido a su validación final mediante medidas acreditadas ENAC según las normas UNE-EN ISO 140-4 y 7.

Los buenos resultados de estas experiencias muestran la viabilidad de cumplir con los requisitos de protección fren-

te al ruido del CTE (o superiores), utilizando materiales cerámicos habituales hoy en día en viviendas y sin suponer un sobrecoste ni una pérdida de superficie útil significativa respecto a la situación actual.

4. CONCLUSIONES

- El sistema constructivo SILENSIS mejora el aislamiento a ruido aéreo en horizontal y en vertical empleando paredes de masas y espesores semejantes a los utilizados actualmente llevando a cabo un ligero cambio en el sistema de montaje.
- SILENSIS es un sistema constructivo válido para ladrillos de todos los formatos que permite el cumplimiento de las futuras exigencias del DB HR del CTE.
- La colocación de bandas elásticas en el perímetro de una o de las dos hojas de una pared doble mejora el aislamiento a ruido aéreo en laboratorio entre 10 y 15 dBA con respecto a una pared doble con el sistema de montaje tradicional, permitiendo obtener resultados en laboratorio de hasta 64 dBA.
- Las soluciones SILENSIS mantienen las características inherentes a la cerámica tales como la seguridad frente al intrusismo y la resistencia al fuego.
- Las soluciones SILENSIS han demostrado su funcionamiento en obra real, utilizando materiales cerámicos habituales hoy en día en viviendas y sin suponer un sobrecoste ni una pérdida de superficie útil significativa respecto a la situación actual. ■

Rehabilitación edáfica de canteras de roca caliza mediante la aplicación de rechazos minerales y lodos de depuradora

AUTOR: MANUEL MIGUEL JORDÁN VIDAL
Profesor Titular de Universidad
Investigador Principal proyecto GV05/025
División de Edafología y Química Agrícola
Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente
Universidad Miguel Hernández

IMPACTO AMBIENTAL Y OBJETIVOS

DE LA REHABILITACIÓN

La mayor parte de las actividades humanas son agresivas para el medio ambiente. El caso especial de la minería revisita especial interés, ya que después de proceder a la extracción de los recursos, si no existe una restauración posterior, los terrenos abandonados quedan en una situación de degradación sin posibilidades de aprovechamiento. La actividad minera crea importantes alteraciones en el medio natural, representando a veces claros impactos sobre el medio en el que se desarrollan. Sin embargo, el hombre ha necesitado de los recursos mineros en el pasado, los necesita hoy, y los seguirá necesitando en el futuro. Los efectos a corto plazo de la actividad minera tienden a ser destructivos e irrecuperables, y por tanto, es deseable minimizarlos en lo posible. Se debe hacer lo posible por recuperar las áreas afectadas, ya sea porque afectan al paisaje, o porque afecten al medio (p.ej., contaminación de suelos, aguas, aire, etc.) y a los parámetros que lo definen en un momento dado.

El objetivo de la restauración es rehabilitar o recuperar los terrenos alterados por una intervención o explotación. La rehabilitación de un terreno tiene como meta final corregir los impactos ocasionados por la explotación. La rehabilitación se lleva a cabo dando a los terrenos un uso que puede ser el mismo que tuvieron originalmente, aunque también se les puede dar un uso distinto. La vulnerabilidad del suelo ante impactos o presiones, tanto naturales como antrópicas, depende de un conjunto de variables que son el resultado de la continua interacción del material originario con los factores de génesis y evolución que se acaban de citar.

PROPIEDADES EDÁFICAS A CONSIDERAR

EN UNA REHABILITACIÓN

La textura, relacionada con la granulometría del suelo, proporción relativa de tamaños de arena, limo y arcilla, es

una de las propiedades más importantes. Los suelos con elevada superficie específica (abundancia de fracción fina) son más activos químicamente, tienen más capacidad amortiguadora y también más capacidad de retención de agua. La textura influye en el movimiento de los flujos de calor, agua y aire que acontecen tanto en el interior como en el exterior del suelo. En relación con la erosión hídrica, los suelos con alta proporción de limo tienden a ser muy erosionables.

La materia orgánica del suelo engloba todos los residuos animales y vegetales en distintos estadios de descomposición. Durante la mineralización y humificación del conjunto inicial de productos biológicos incorporados al suelo se desprende gran cantidad de CO₂. Por esta razón, los suelos son una importante fuente y sumidero de este gas de efecto invernadero. El papel de la materia orgánica sobre la dinámica y propiedades del suelo es múltiple: constituye el medio para los microorganismos del suelo, proporciona una importante fuente de nutrientes y contribuye a la génesis y estabilidad de la estructura del suelo. El contenido en materia orgánica del suelo decrece con la profundidad, a excepción de las turberas o en los Podsoles, por ello, la influencia de la materia orgánica se ejerce fundamentalmente en las capas superficiales, repercutiendo en las pautas de infiltración, productividad agraria o estabilidad ante procesos degradativos.

La estructura del suelo se refiere al estado de agregación de las partículas individuales que componen el suelo, tanto minerales como orgánicas. Es necesaria la presencia de coloides floculados que aglomeren las partículas elementales para formar agregados del suelo. La unión de estos microagregados, debida a los coloides floculados u otros agentes cementantes (arcillas, carbonato cálcico, óxidos coloidales de hierro y aluminio, compuestos húmicos, ...) da lugar a los agregados, grumos o terrones del suelo. Esta unión entre partículas individualizadas y entre agregados da lugar a una "estructuración" de los componentes del suelo que permite la presencia de poros parcialmente ocupados por aire y agua.

La estructura repercute en propiedades tan importantes como la capacidad de reserva de agua, en los intercambios gaseosos, en la compactación o en la resistencia a la erosión.

En los suelos con estructura laminar predominan agregados con aspecto de pequeñas láminas. En este caso, frecuente en suelos de texturas limosas, esta disposición estructural dificulta la penetración de raíces, la infiltración y la nascencia



Figura 1. Zona de labores de una cantera de áridos en la Sierra de Callosa (Alicante)

de las plantas. Por el contrario, los suelos con estructura granular o agregados redondeados y muy porosos, permiten unas condiciones óptimas para la penetración y funcionamiento del sistema radicular, unas muy buenas condiciones de fertilidad del suelo y una buena resistencia a los agentes erosivos.

La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo está determinada por la cantidad y tamaño de sus poros. Estos, a su vez, dependen de la textura, estructura y contenido en materia orgánica. Estos factores dan lugar a una amplia variedad de regímenes hídricos edáficos. Los suelos arenosos tienen grandes poros, pero su volumen total de porosidad es menor que en los suelos con texturas más finas, de ahí su baja capacidad de almacenamiento de agua. Por otra parte, las plantas han de ejercer una cierta presión para absorber agua del suelo. La fuerza por unidad de superficie que debe ejercerse para esta absorción es mayor en suelos de textura fina (arcillosos, limosos) debido a su gran superficie específica. Por este motivo, los suelos, incluso con un alto contenido en humedad, pueden comportarse como suelos secos debido a las dificultades que pueden llegar a tener las raíces para superar las fuerzas de retención del agua en condiciones desfavorables.

Se define la porosidad del suelo como el volumen total de un suelo ocupado por poros o cavidades. Es decir, el porcentaje de volumen total no ocupado por partículas sólidas. La abundancia y tamaño de los poros regulan la aireación y el movimiento del agua en el suelo. El porcentaje de poros y su tamaño es un factor de gran incidencia en diversos procesos de

degradación: anegamiento, compactación, erosión, deficiencia hídrica.

La reacción del suelo es un parámetro de gran importancia y consecuencias en el funcionamiento del mismo. Su influencia puede ser directa sobre procesos químicos o microbiológicos, o bien indirecta, influyendo a través de otras características del suelo (por ejemplo, sobre la cantidad y calidad de la materia orgánica). Entre otros aspectos, el pH del suelo influye en el nivel de toxicidad de algunos elementos como, por ejemplo, el aluminio. Este elemento en condiciones básicas o neutras se mantiene prácticamente inactivo, pero en condiciones de acidez y mala aireación, pasa a formas asimilables tóxicas para las plantas. La reacción del suelo influye decisivamente en procesos microbiológicos de tanta trascendencia como son la mineralización y humificación de restos vegetales incorporados, así como en la dinámica y transformaciones de muchos nutrientes (por ejemplo, nitrógeno), ejerciendo una poderosa influencia en la fertilidad del suelo.

Indirectamente, el pH influye sobre la estructura a través de su repercusión en la materia orgánica y sobre los procesos electroquímicos de los coloides, favoreciendo su dispersión (mala estructura) o su floculación (favorece una buena estructura). La influencia del pH sobre la disponibilidad de los nutrientes para las plantas se ejerce a través de su solubilidad. La mayoría de los nutrientes son más asimilables cuanto más ácido es el pH. Sin embargo, si éste es demasiado ácido, además de la toxicidad, las pérdidas de nutrientes por lavado se incrementan.

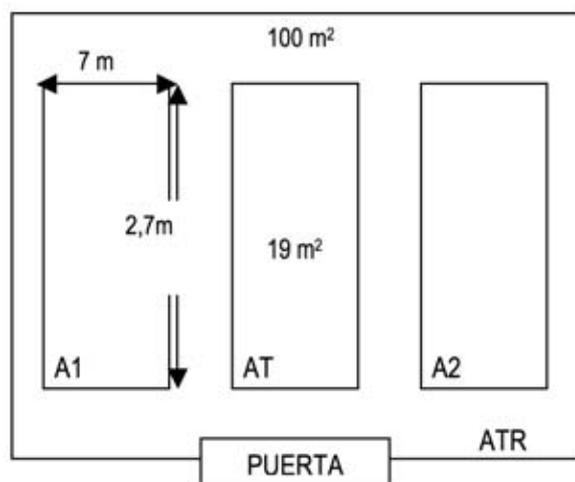


Figura 2.- Esquema y situación de tres parcelas experimentales

Otras características importantes, y con clara relación a la degradación, son la profundidad efectiva del suelo (influye en las reservas hídricas, en la tolerancia a la erosión, infiltración), el contenido en carbonatos (influye en la reacción del suelo, estructura y disponibilidad de nutrientes) y la cohesión (muy ligada a los niveles de humedad). También se pueden estudiar la permeabilidad, la plasticidad, el drenaje interno y la presencia de pedregosidad, y afloramientos rocosos.

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LA RESTAURACIÓN EDÁFICA DE GRANDES EXPLOTACIONES

En la Comunidad Valenciana y, en concreto, en la provincia de Alicante son muchas las zonas afectadas por actividades extractivas. La restauración requerida crea unas necesidades edáficas difícilmente asequibles mediante la reposición de los suelos naturales (Hereter *et al.*, 2003). La obtención y utilización de suelos de calidad para abordar debidamente la revegetación se convierte en la alternativa única para aminorar el impacto visual, una vez corregidos los aspectos geomorfológicos. Su obtención a partir de materias orgánicas de calidad puede ser costosa y de disponibilidad escasa. Desde hace algunos años se están llevando estudios enfocados a la construcción de sustratos a partir de los residuos minerales generados en las mismas explotaciones, combinados con compost o lodos, ambos ricos en materia orgánica y nutrientes.

El grupo de Edafología Ambiental de la Universidad Miguel Hernández (GEA-UMH) inició estas investigaciones en el año 1998 estando actualmente desarrollándose una Tesis Doctoral en el Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente. Con la utilización de lodos de depuradora, se complementan dos objetivos importantes: aprovechamiento de residuos tanto minerales como orgánicos y reducción de los costes de restauración ambiental. No obstante las Directivas de la UE respecto la protección del suelo señalan un com-

portamiento respetuoso hacia el suelo, de forma que las operaciones de restauración deberán simultanear la mejora de las propiedades del suelo con el control de su contaminación y la fijación de posibles elementos tóxicos, de manera que eviten su translocación hacia otros compartimentos del medio (agua principalmente, aire y organismos).

La aplicación de lodos de depuradora en suelos degradados o afectados por incendios forestales realizados por el GEA-UMH tienen como resultados más importantes los siguientes:

a) Las dosis de lodo aplicadas a los suelos han supuesto un aumento de la concentración en éstos de la mayoría de metales pesados (Moreno *et al.*, 1999 y Moral *et al.*, 2005), aumento que ha resultado proporcional a la dosis, pero no han sobrepasado nunca los límites para metales pesados en suelos agrícolas que fija el RD 1310/90.

b) En las parcelas tratadas con lodos se pierde materia orgánica por mineralización durante los primeros cuatro a seis meses, pero a partir de un año recupera su contenido por los aportes vegetales. La materia orgánica de las mezclas evoluciona con el tiempo hacia su humificación.

c) Las mezclas presentan un elevado contenido de fósforo, mayoritariamente inorgánico, tanto total como asimilable, y éste persiste con el tiempo (Almendro *et al.*, 2003).

d) Los lodos favorecen la agregación y la estabilidad inicial de los agregados, pero esta estabilidad disminuye con el tiempo; también incrementan la proporción de micro y macroporos en los agregados.

e) La fitomasa de las zonas fertilizadas con lodo es claramente superior a la del control, pero disminuye la biodiversidad con claro dominio de las especies nitrófilas (Navarro *et al.*, 2003).

f) La aplicación de lodo reduce la erosión, aumenta la capacidad de infiltración y disminuye el arrastre de sedimentos por escorrentía (Sort y Alcañiz, 1993 y Jordán et al., 2004).

g) En los lixiviados estudiados en las pruebas de campo se detecta una elevada concentración de sulfatos y de nitratos durante el primer año (estos últimos patentizan una rápida mineralización inicial de la materia orgánica de los lodos); posteriormente los sulfatos disminuyen lentamente y los nitratos rápidamente (Jordán et al., 2005).

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DEL GRUPO DE EDAFOLOGÍA

AMBIENTAL (GEA-UMH)

El proyecto GV05/025 pretende ensayar la aplicación de lodos de depuradora compostados como materiales para enmienda en los trabajos de restauración de actividades extractivas a cielo abierto de roca caliza, de acuerdo con los principios que inspiran probablemente la directiva de la UE de residuos orgánicos (EU 2000, Working Document on Sludge): controlar su potencial contaminante para posibilitar su aplicación.

Los lodos no tratados, se utilizan actualmente en agricultura y se dispone de manuales que especifican la metodología para su aplicación. De todos modos, los sustratos habitualmente utilizados en la restauración ecológica de minería difieren mucho de los suelos agrícolas (elevada pedregosidad, texturas poco equilibradas, etc.) y suelen obtenerse a partir de residuos minerales propios.

La aplicación de lodos sigue siendo una buena opción como enmienda orgánica de este sector de restauración, pero su comportamiento en el medio una vez compostado es menos conocido. Por tanto, se requiere un estudio específico de la capacidad de los sustratos minerales calizos para incorporar, de forma eficaz, las fuentes de materia orgánica de los lodos compostados sin que presenten riesgos ambientales.

El ámbito de aplicación del estudio se centrará en aquellos residuos con menor riesgo para la movilización de metales pesados y quedará restringido a los residuos procedentes de la extracción de materiales calizos. Además, la caliza es uno de los recursos más explotados en la provincia de Alicante y la fabricación de cemento y áridos constituyen los sectores industriales principales de consumo, estando actualmente en expansión el sector de la roca ornamental (mármol comercial). De todos modos, determinados residuos minerales utilizados en restauración presentan características texturales y químicas poco favorables para el desarrollo de la vegetación si no se corrigen adecuadamente. Por esto, en el presente proyecto se pretende testar también residuos minerales aparentemente poco favorables procedentes de estos sectores para optimizarlos como sustratos de restauración.

Este proyecto representa un avance real en la coordinación entre el GEA-UMH, el sector de la minería y la administración autonómica. Anteriormente, de forma más o menos parcial ya han trabajado coordinadamente en experiencias previas puntuales. En esta ocasión es la primera vez que se unen esfuerzos para plantear una experiencia integrada en el marco de la restauración de áreas degradadas por la minería a cielo abier-



Figura 3. Diversos aspectos de la parcela experimental. A) Vista general de la parcela experimental; B y C) Detalles de los materiales de relleno sobre los que se instaló la parcela experimental; D) Vista de las subparcelas; E) Detalle de una subparcela una vez implantada la vegetación; F) Toma de muestra para posterior análisis en laboratorio.

to utilizando lodos de EDAR tratados (Ortiz y Alcañiz, 1994 y Emmerling *et al.*, 2000).

Esta línea de investigación pretende contribuir al conocimiento de la restauración edáfica en áreas degradadas y marginales sometidas a una climatología adversa (escasez de precipitaciones), como es el caso del SE de España, desde un punto de vista interdisciplinar. El grupo de investigación está integrado por químicos, geólogos, biólogos y ambientólogos, que aportan sus conocimientos y experiencias. En este estudio están implicados los conceptos de calidad ambiental de suelos, hidrogeología de explotaciones mineras a cielo abierto, características y aplicaciones de los lodos de depuradora, tratamiento de las aguas residuales, movilidad de metales pesados y compuestos nitrogenados en rechazos minerales enmendados con lodos de depuradora.

BENEFICIOS DEL PROYECTO GV05/025

La Universidad Miguel Hernández es la más joven de las Universidades Valencianas, naciendo con vocación clara de equilibrar la docencia y la investigación, para que la primera disfrute de la calidad que otorga el buen nivel de la segunda. No obstante, no es menos cierto que dispone de una plantilla de jóvenes profesores, entre los que nos encontramos, cuya dotación de material, apoyo financiero e institucional se convierte en pieza clave para llevar a buen fin los objetivos perseguidos por nuestra institución.

La oportunidad que presenta para nosotros la posibilidad de obtener un proyecto de investigación es un aliciente que nos motiva a permanecer en continuo aprendizaje, en las primeras líneas de investigación y así poder ofrecer a los estudiantes de Ciencias Ambientales una docencia actualizada y mejorada día a día.

El distinto origen y formación de los miembros de este equipo, puesto que cada uno procedemos de diferentes centros (Universitat de València, Universitat Jaume I, Institutos Tecnológicos y empresa privada), nos ha garantizado una gran diversidad de opiniones y puntos de vista sobre los que abordar los distintos temas que se plantean en el medio ambiente de la Comunidad Valenciana y esperamos dar los resultados demandados por nuestra sociedad.

Para concluir, quiero expresar mi gratitud a la Generalitat Valenciana y, en particular, a la Conselleria de Empresa, Universidad y Ciencia por su apuesta de futuro por las investigaciones aplicadas al Medio Ambiente que ha hecho posible la financiación de este proyecto de investigación. ■

REFERENCIAS

Almendro MB, Navarro-Pedreño J; Jordán-Vidal MM, Gómez-Lucas I. 2003. Movilidad y biodisponibilidad de fósforo en un antrosol del sureste español (Alicante) enmendado con lodo de depuradora. *Edafología*, 10: 7-14.

CHPH and CP (Committee on the Environment, Public Health and Consumer Policy), 2003. Report on the Commission communication 'Towards a Thematic Strategy for Soil Protection (COM (2202) 179 - C5-0328/2002-2002/2172 (COS) European Parliament, 22pp. 10 October 2003.

CHPH and CP (Committee on the Environment, Public Health and Consumer Policy), 2003. Report on the Commission communication 'Towards a Thematic Strategy for Soil Protection (COM (2202) 179 - C5-0328/2002-2002/2172 (COS) European Parliament, 22pp. 10 October 2003.

Commission communication UE. 2002. Towards a Thematic Strategy for Soil Protection (COM, 179 - C50328/2002 -2002/2172 (cas)

Emmerling C., Llebner C., Haubold-Rosar M., Katur J. and Schroder D. 2000. Impact of application of organic waste materials on microbial and enzyme activities of mine soils in the Lusatian coal mining region. *Plant and Soil* 220, 129-138.

EU 2000. Working document on sludge. 3er. Draft. ENV3/LM. Brussels, 27 April, 2000

Hereter, A., Jorba M. y Josa R. 2003. Restauración de áreas afectadas por minería a cielo abierto: efectos de la utilización de lodos de depuradora como enmienda orgánica. Conf. Intern. Sobre la Repercusión de la Política de la UE en la Gestión de los Residuos Orgánicos y sus consecuencias en los Países del sur de Europa. Barcelona, nov. 2003.

Jordan, MM, Mateu, J, Juan, P., Navarro-Pedreño, J., García-Sánchez, E. 2004. Spatial dynamics of soil salinity under arid and semiarid conditions: geological and environmental implications. *Environmental Geology*, 45(4): 448-456.

Jordán, MM, García-Sánchez, E, García-Orenes, F., Sabater MC; Almendro, MB y Pina, S 2005. Restauración edáfica de áreas degradadas. Pub. Universidad Miguel Hernández. Proyecto Consellería de Empresa, Universidad y Ciencia, 249 pp. ISBN: 84-96297-31-4.

Moral; R, Gilkes, R, Jordán, MM 2005. Distribution of heavy metals in calcareous and non-calcareous soils in Spain. *Water, Air and Soil Pollution*, 162: 127-142.

Moreno, J. L., Hernández, T., García, C. 1999. Effects of a cadmium-contaminated sewage sludge compost on dynamics of organic matter and microbial activity in an arid soil. *Biology and Fertility of Soils*, 28, 230-257

Navarro, J., Almendro, MB, Jordán, MM, García, E., Mataix, J., 2003. Mobility of Cd, Cr and Ni through a profile of a calcisol treated with sewage sludge in the southeast of Spain. *Environmental Geology*, 44: 545-553.

Ortiz, O. y Alcañiz, J.M., 1994. Respiration potential of microbial biomass in a calcareous soil treated with sewage sludge. *Geomicrobiology Journal* (3-4): 333-340.

Sort, X. y Alcañiz, J.M. 1996. Contribution of sewage sludge to erosion control in the rehabilitation of limestone quarries. *Land Degradation and Development*. 7(2): 69-76

Análisis de Ciclo de Vida (ACV), Protocolo de Kioto y producción de materiales cerámicos

AUTORES: G. MONRÓS, C. GARGORI,
J. BADENES, M.A. TENA,
*Unidad de Química Inorgánica Medioambiental
y Materiales Cerámicos, Universidad Jaume I*

1. EVALUACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL DE PRODUCTOS Y PROCESOS

La evaluación ambiental integral de un material o un proceso debe considerar todos los parámetros ambientales que confluyen en su producción o desarrollo y no puede circunscribirse a su utilización como producto o a la reducción de gases de efecto invernadero en su producción, de forma estricta, hay que considerar también a sus precursores, los posibles subproductos y también los residuos, vertidos o emisiones que se produzcan. Cuando se consideran todas las etapas desde “la cuna a la tumba” del producto, el análisis se denomina ACV (Análisis de Ciclo de Vida).

El ACV se viene aplicando desde los años setenta cuando, motivados por la crisis del petróleo, se realizaron diversos estudios energéticos que valoraban la eficiencia de diferentes fuentes de energía.

La técnica para aplicar la metodología ACV está normalizada por la serie de normas UNE EN ISO 14040:1998 “*Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco*”. La primera definición de ACV data de 1993 realizada bajo los auspicios de SETAC (Society of Environmental, Toxicology and Chemistry) que considera el LCA (Life Cycle assessment) como “*un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía, y los vertidos al entorno; para determinar el impacto que ese uso de recursos y esos vertidos producen en el medio ambiente, y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental. El estudio incluye el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de: extracción y proceso de materias primas, producción, transporte y distribución; uso, reutilización y mantenimiento, y reciclado y disposición del residuo*”. En líneas generales, la ACV es una metodología de evaluación de los aspectos medioambientales de un producto y de sus potenciales impactos asociados mediante tres fases diferenciadas y secuenciales (1,2):

(I) Etapa de Inventario

Se recopilan todas y cada una de las entradas / salidas al sistema en el proceso “desde la cuna a la tumba” de producción

del producto: sustancias peligrosas, energía, materiales, residuos, emisiones, ruido y vibraciones, vertidos.

(II) Evaluación de Impactos

Pretende la contabilización normalizada y global de los impactos. Comporta cuatro aspectos básicos:

- *Clasificación.* Se asignan a las diferentes categorías de impactos inventariados las cargas ambientales. Así por ejemplo en la categoría PCG (Potencial Calentamiento Global) se incluirían todas las emisiones de gases invernadero CO₂, CH₄, CFCs, N₂O, SF₆, en la categoría PDO (Potencial Destrucción de la capa de Ozono) podrían aparecer de nuevo los CFCs siendo el gas de referencia el CFC11.

- *Caracterización.* Para cada categoría se asigna un peso equivalente a cada uno de los compuestos químicos involucrados a través de los “factores de caracterización”. El modo de actuar es elegir el compuesto de referencia de cada categoría, al que ya se ha hecho alusión anteriormente, y se le asigna el valor unitario 1 y al resto de sustancias se asigna un valor relativo al de referencia. Así en la categoría PCG el CO₂ tendrá un factor 1 y el CFC113 4500, el metano 11 y el óxido nitroso 270... Se diría que el impacto de 1 kg de N₂O es igual al de 270 kg de CO₂ sobre el calentamiento global del planeta.

- *Normalización.* Es evidente que para comparar categorías distintas es necesario equipararlas o ponderarlas mediante los factores de normalización que se obtienen, considerando que el impacto del proceso en cuestión respecto de un compuesto dado estará en función inversa de la cantidad de ese compuesto que por cada habitante de la tierra hay en el planeta

- *Evaluación.* Una vez normalizados los diferentes compuestos ya es posible su comparación, sin embargo, la importancia de cada categoría depende mucho de los criterios que se persigan dentro del área geográfica de que se trate o de las limitaciones de las administraciones. La evaluación de la importancia de cada categoría de impacto se apoya en el principio de distancia entre los impactos reales y los objetivos a conseguir que no siempre son de tipo científico sino también económico, social y político. Para ello se definen daños equivalentes entre los diferentes compuestos de referencia: una muerte extra por millón de habitantes, enfermedades importantes por periodos de niebla fotoquímica, 5% de deterioro de los ecosistemas... Sin embargo, la evaluación de daños es compleja y se viene en utilizar la metodología desarrollada por Vincent Cleij (2). Así se pueden tomar como referencias que 0,01 ng/Nm³ de α -benzopireno produce un

cáncer por millón de habitantes y año, como hay valores urbanos de 1 ng/Nm³ se le ha dado a PCE (potencial carcinogénico efectivo) el factor de evaluación de 10, por diferentes consideraciones, en este trabajo se han utilizado factores de evaluación similares a los utilizados por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) (1).

(III) Interpretación de Resultados

A partir del modelo anterior se asigna a cada compuesto un número de ecopuntos EP (ec. 1).

$$EP = Q (FC) (FN) (FE) \text{ (ec. 1)}$$

Donde Q = Cantidad de compuesto emitido, FC = Factor de Caracterización, FN = Factor de Normalización, FE = Factor de Evaluación. Con los ecopuntos, se tiene una herramienta muy potente de comparación de los impactos categorizados.

Por otro lado, el compromiso alcanzado en el protocolo de Kioto para reducir las emisiones de los GEI (Gases de Efecto Invernadero: CO₂, CH₄, N₂O, CFCs, HCFCs, SF₆) se ha canalizado en la Unión Europea a través de la instauración del Mercado de Emisiones mediante la Directiva 2003/87 traspuesta por la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. Las industrias afectadas son las que utilizan de forma intensiva combustibles fósiles y superan cierto umbral de producción (3, 4, 5):

1. Instalaciones de combustión con una potencia térmica nominal superior a 20 MW.
2. Refinerías de hidrocarburos.
3. Coquerías.
4. Instalaciones de calcinación o sinterización de minerales metálicos, incluido el mineral sulfurado.
5. Instalaciones para la producción de arrabio o de acero (fusión primaria o secundaria), incluidas las correspondientes instalaciones de colada continua de una capacidad de más de 2,5 toneladas por hora.
6. Instalaciones de fabricación de cemento sin pulverizar («clinker») en hornos rotatorios con una producción superior a 500 toneladas diarias, o de cal en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 50 toneladas por día, o en hornos de otro tipo con una capacidad de producción superior a 50 toneladas por día.
7. Instalaciones de fabricación de vidrio, incluida la fibra de vidrio, con una capacidad de fusión superior a 20 toneladas por día.
8. Instalaciones para la fabricación de productos cerámicos mediante horneado, en particular de tejas, ladrillos, ladrillos

Tabla I. Resultados de la aplicación del primer año del Plan nacional de asignación 2005-2007 en España (Fuente: Ministerio de Medio ambiente)

	Asignadas (tCO ₂ eq)	Declaradas (tCO ₂ eq)	n° empresas
Generación: carbón	59,98	73,44	26
Generación: ciclo combinado	16,61	13,29	25
Generación: extrapeninsular	10,96	11,44	17
Generación: fuel	1,49	5,88	10
Industria: azulejos y baldosas	0,91	0,80	23
Industria: cal	2,46	2,06	24
Industria: cemento	27,84	27,38	36
Industria: fritas	0,68	0,58	22
Industria: pasta y papel	5,31	4,75	118
Industria: refino de petróleo	15,25	15,46	13
Industria: siderurgia	8,70	8,25	29
Industria: tejas y ladrillos	4,80	4,10	283
Industria: vidrio	2,25	1,99	38
Otra combustión	16,00	14,17	170
Total general	173,24	183,59	834

refractarios, azulejos, gres cerámico o porcelanas, con una capacidad de producción superior a 75 toneladas por día, y, una capacidad de horneado de más de 4 m³ y de más de 300 kg/m³ de densidad de carga por horno.

9. Instalaciones industriales destinadas a la fabricación de: a) Pasta de papel a partir de madera o de otras materias fibrosas. b) Papel y cartón con una capacidad de producción de más de 20 toneladas diarias.

A estas instalaciones se les asignan unos derechos de emisión anuales que si no se superan, el superávit puede ser vendido en el mercado de emisiones, y si se superan, deben comprar el déficit en dicho mercado. El precio de los derechos de emisión oscila entre los 20 y 30 euros/tCO₂eq.

En la tabla I se presentan los resultados de la aplicación del primer año del Plan nacional de asignación 2005-2007 en España. Se pone de manifiesto que salvo el sector de generación eléctrica en carbón y fuel, y refino de petróleo, el resto de los sectores ha emitido menos de lo que tenía asignado. En el conjunto de España se emitió del orden de 10 MtCO₂eq., por encima de su asignación (4).

Los resultados en 2005 han sido similares en toda la Unión Europea de manera que en los 21 países integrados en el mercado de emisiones europeo y 9.420 instalaciones afectadas, se ha producido un superavit de 44 MtCO₂eq. sobre las 1.829 MtCO₂eq. asignadas en total; sólo España, Italia, Reino Unido e Irlanda superaron sus asignaciones. Como resultado, el precio de

los créditos de emisión en el mercado europeo, que se había mantenido en marzo sobre los 30 euros/tCO₂eq., se desplomó al conocer los datos del balance a sólo 8 euros/tCO₂eq., para estabilizarse en mayo sobre 15-6 euros/tCO₂eq.

En el acuerdo europeo de asignación de esfuerzos de reducción, España podía aumentar un 15% sus emisiones en 2012 sobre las de 1990, tomado como año base de cálculo en el protocolo de Kioto. El PNA 2005-2007 se preveía un periodo de estabilización de las emisiones en este periodo para acometer una reducción en el periodo 2008-12 que permitiera alcanzar sólo un aumento del 24% en 2012 sobre 1990 (el 15% que permite Kioto más un 2% cancelado con aumento de sumideros en forma de aumento forestal y un 7% en convenios con terceros según los mecanismos de flexibilidad y/o compra de derechos de emisión). En el nuevo PNA 2008-2012 se rebajan las expectativas, dado que los datos de 2004 indican que las emisiones españolas han crecido un 48%: ahora se pretende alcanzar sólo un aumento de las emisiones del 37% en 2012 sobre 1990 (el 15% que permite Kioto, más un 2% en sumideros y un 20% en mecanismos de flexibilidad con proyectos de reducción con países terceros y/o compra de derechos) (5,6).

El sistema de evaluación, certificación y asignación de derechos de emisión sigue criterios no solamente ambientales, sino también de política económica que pretenden mantener la competitividad de la industria en el exterior dentro de la regulación base de la Directiva 2003/87 traspuesta por la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (7,8).

2. REDUCCIÓN DE EMISIONES

EN UN CONTEXTO SOSTENIBLE

En muchos procesos industriales asociados a los sectores afectados por la Directiva 2003/87 traspuesta por la Ley 1/2005, de 9 de marzo, que regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, se plantean modificaciones con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que pueden suponer otros impactos ambientales que deben ser analizados de forma integral mediante herramientas de comparación objetivas como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) con el fin de dilucidar si es sostenible y aceptable la modificación propuesta.

A continuación se discuten dos ejemplos en relación con el procesado de materiales de cerámica plana vidriada, en la que España, junto con Italia, es líder mundial en producción y exportación. La producción de baldosa plana vidriada se asienta en *clusters* o distritos de producción, que reúnen a los diferentes subsectores de producción, en una trama de sinergias industriales de éxito probado: es el caso del distrito de Sassuolo en Italia, de Castellón en España o el de Santa Caterina en Brasil como tercer gran productor y exportador mundial, si no se considera la producción de China, muy centrada en la produc-

ción interior, aunque con una evolución exportadora creciente. Estos *clusters* industriales, producen una fuerte dependencia económica del distrito en el que se asientan, así de las 241 empresas de pavimento y revestimiento 196 están en el distrito de Castellón junto a 13 factorías que sólo producen polvo de arcilla atomizada, 6 soporte o bizcocho y 20 factorías de fritas cerámicas que suponen, con sus empresas auxiliares trabajando en *cluster*, el 32% del PIB de la provincia de Castellón y el 15% del empleo directo. La máxima producción del distrito se ha producido en 2006, con 656 Mm² vendidos a un precio medio de 5,88 euros/m², superando el anterior récord de 2002, con 651 Mm², vendidos a 5,52 euros/m² en promedio.

El *cluster* cerámico de Castellón está integrado básicamente por los productores de maquinaria y equipamientos, los productores de fritas y esmaltes para la producción de los vidriados, los de pigmentos y colorantes cerámicos, los productores de polvo atomizado (que caracteriza a la producción española) y, finalmente, los productores de baldosas vidriadas.

De la producción de baldosas, sólo ha quedado afectada por el mercado de emisiones europeo, emanado del protocolo de Kioto, la producción de polvo atomizado y la cogeneración asociada. En el ejercicio de 2005, la asignación a las 23 empresas afectadas de baldosas fue de 0,91 MtCO₂ eq. consumiendo 0,80, con un superávit del 11%, asimismo, las 22 empresas de fritas afectadas, tenían asignadas 0,68 MtCO₂ eq., y consumieron 0,58, ahorrando el 14,7%.

2.1. Modificaciones que comportan cambios en las materias primas: sustitución de CaCO₃ por CaO en la fusión de fritas

En la producción de fritas cerámicas por fusión de precursores inorgánicos, el precursor tradicional de calcio ha sido el carbonato de calcio. Sin embargo, se plantea la posibilidad de la utilización del óxido de calcio, con el fin de disminuir las emisiones de CO₂ en la fusión de fritas, ya que de entrada, se eliminan las emisiones asociadas a la descomposición del carbonato de calcio (9).

Con el fin de evaluar y comparar de forma general, y considerando los aspectos del Análisis de Ciclo de Vida, se han estudiado dos muestras de los precursores de calcio alternativos, CaCO₃ y CaO, utilizados comercialmente en la producción de fritas, se han caracterizado y se han evaluado desde una perspectiva integral del ACV.

Las dos materias primas analizadas están relacionadas de manera que el óxido de calcio se produce a partir del carbonato de calcio en un proceso general indicado en la figura 1. Tal y como se describe en la figura 1, se forma óxido de calcio cuando el carbonato de calcio se calcina en el aire (ec. 2), en grandes hornos de cal llamados también *caleras*:



La reacción es reversible, como indica la ecuación anterior. Se alcanza el equilibrio, cuando en contacto con la caliza y la cal existe una determinada concentración o presión parcial de CO_2 . La presión de equilibrio se llama presión de descomposición del carbonato de calcio. Si a cualquier temperatura la presión parcial del CO_2 es inferior a la del equilibrio, se descompondrá la caliza para incrementar dicha presión al valor de equilibrio. Los valores de equilibrio para la presión del CO_2 a diversas temperaturas son:

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	500	600	700	800	900	1000
Presión (mm de Hg)	0,11	2,35	25,3	168	773	2710

La presión parcial del dióxido de carbono se mantiene inferior a la de equilibrio, insuflando a través del horno una corriente de aire que arrastra el CO_2 y mantiene una atmósfera pobre en este gas. En torno a la base del horno vertical, se disponen hogares tipo "horno holandés", para someter toda la carga de caliza al calor de los productos de combustión, pero sin ponerse en contacto con el combustible ardiendo. Se evita elevar mucho la temperatura en el horno, para que la sílice de la caliza no se combine con la cal, formando escoria de silicato de calcio.

Los dos materiales se diferencian respecto de sus características de peligrosidad y condicionantes de manipulación, almacenamiento y envasado en la reglamentación de sustancias y preparados químicos. Así, mientras el carbonato de calcio con n° CAS (Chemical Abstract Service) 471-34.1 se considera un "Producto No Peligroso" según la directiva 67/548/CEE y en su manipulación se deben seguir las pautas de control de la exposición asociada al control habitual de polvos, el CaO n° CAS 1305-78-8 presenta características diferentes que se describen en la Ficha de Seguridad de la Sustancia que la califica de sustancia peligrosa corrosiva e indica pautas de manipulación específicas (8).

En la tabla II se comparan los datos pérdida al fuego, calcimetría, medidas colorimétricas en el sistema $\text{CIEL}^*a^*b^*$ [L^* es la claridad, a^* indica tonos verde (-)→rojo(+) y b^* el componente azul(-)→amarillo(+)], de las muestras comerciales de CaO y CaCO_3 estudiadas.

Los resultados indican una blancura 2% mayor en el caso del carbonato. de acuerdo con los valores de claridad L^* medida en un colorímetro con iluminante patrón C. Como era de esperar, las pérdidas al fuego y emisiones de CO_2 en el ensayo de calcimetría con calcímetro de Bernard son mucho mayores en el carbonato, pero no despreciables en el caso del CaO industrial utilizado de forma amplia en la fusión de fritas. Por último, el contenido en Fe_2O_3 , factor limitante en la producción de fritas blancas opacas, es ligeramente favorable al carbonato de calcio, al presentar el CaO aproximadamente un 55% más de hierro que la muestra de carbonato, si bien ésta, en la calcinación, pierde un 43% en forma de CO_2 .

En la figura 2 se presentan las curvas granulométricas obtenidas mediante dispersión de radiación láser de una muestra

Figura 1: Esquema de producción de CaCO_3 y CaO



Tabla II: Datos pérdida al fuego, calcimetría, contenido en Fe_2O_3 y medidas colorimétricas en el sistema $\text{CIEL}^*a^*b^*$ de los dos precursores alternativos

	CaCO_3	CaO
Pérdida al Fuego, PF (% a 1000 $^{\circ}\text{C}$)	42,9	3,6
Claridad CIE (L^*)	95	93
Parámetro a^* (verde-rojo)	1	0
Parámetro b^* (azul-amarillo)	5	5
Calcimetría (% CaCO_3 eq.)	90,1	10,4
Fe_2O_3 (% , colorimetría SCN $^-$)	0,05	0,08

desagregada en baño de ultrasonidos, realizado en un equipo LS Coulter. Los datos granulométricos indican que el óxido de calcio es mucho más fino y con fuerte tendencia al apelmazamiento y agregación, el material presenta, en las condiciones de desagregación en baño de ultrasonidos, agregados de tamaño entre 100-200 μm (4%) con partículas de 0,7 (35%) y microagregados de 6 μm (61%) respectivamente. El carbonato de calcio se presenta particulado y desagregado, con distribución poco homogénea con tres modos preferentes de 1 (7%), 17 (86%) y 170 μm (7%) respectivamente.

Figura 2: curvas granulométricas de los precursores

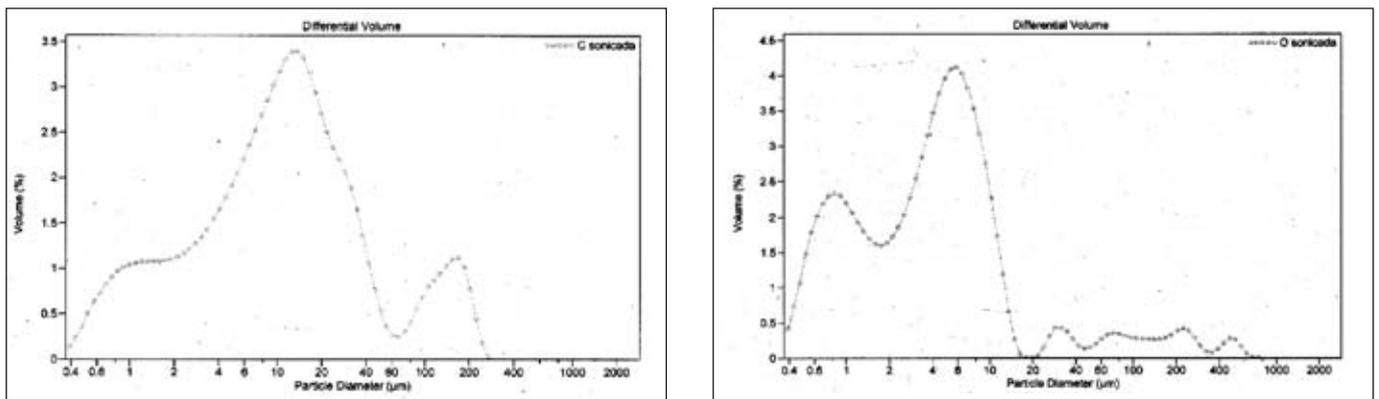
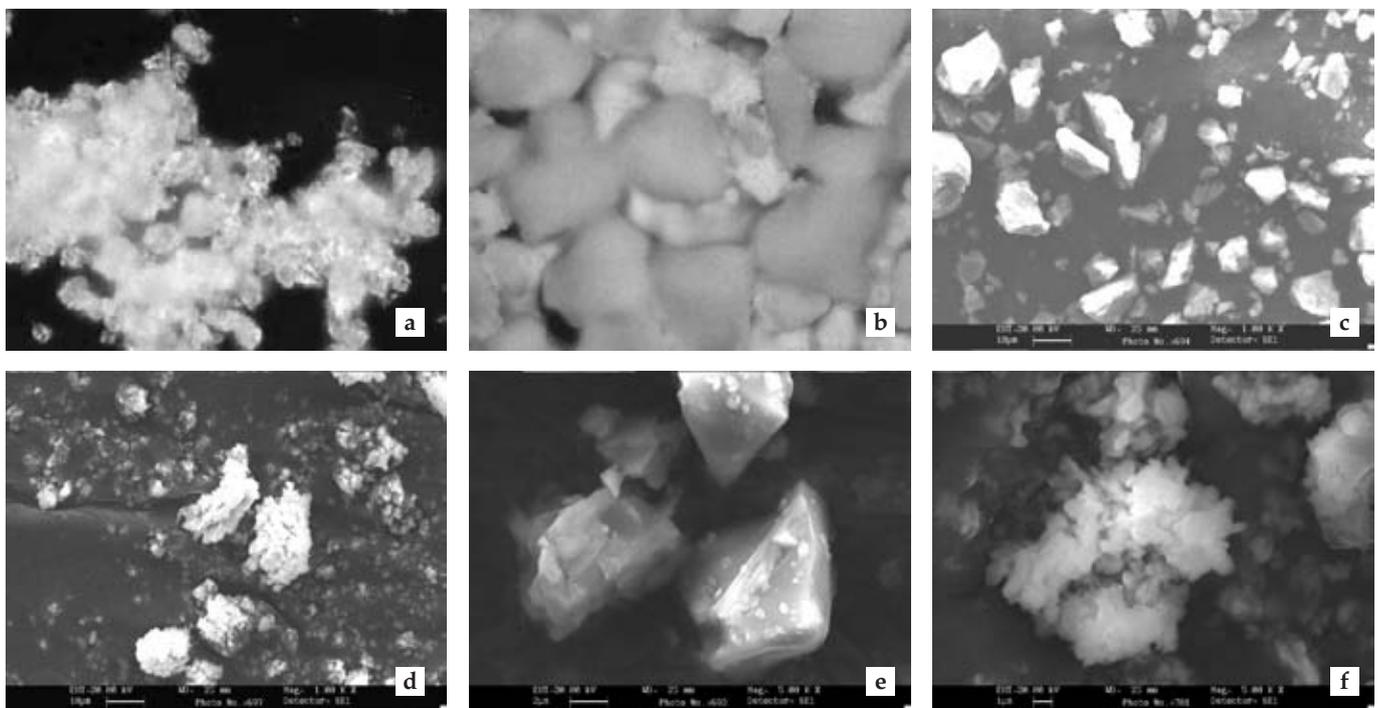


Figura 3: micrografías ópticas y de microscopía electrónica de barrido (SEM) de las muestras:
 (a) CaCO₃ óptica x200 (b) CaO óptica x500 (c) CaCO₃ SEM x1000
 (d) CaO SEM x1000 (e) CaCO₃ SEM x5000 (f) CaO SEM x5000



En la figura 3 se presentan unas micrografías ópticas y de microscopía electrónica de barrido de ambas muestras. En el caso de la muestra de CaCO₃ se observa en visionado microscópico un particulado bimodal, presentándose en la figura 3.a el más fino. Sin embargo, la microscopía electrónica de barrido muestra la heterogeneidad de este particulado fino, con tamaños entre 1 y 6 mm, según se observa en las figuras 3.c y 3.e, lo que está de acuerdo con la distribución granulométrica de la muestra en la figura 2. La microscopía óptica de la muestra de CaO indica la presencia de agregados que presentan a menudo una cierta coloración asociada a presencia de óxido de hierro. Los agregados de tamaño entre 3-10 mm (figura 3.d), están integrados por pequeñas partículas submicrométricas de 100-600 nm como se observa

en la figura 3.f y también detectadas por la granulometría de la figura 2.

Tanto el sector de la cal como el de fritas cerámicas están afectados por la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. De acuerdo con esta ley, en la contabilización de derechos de emisión, sólo computan las emisiones asociadas a combustión y descomposición de carbonatos, no computando a efectos de descuento de derechos de emisión, aunque sean emisiones efectivas, ni el transporte ni las emisiones asociadas a proceso (molturación, transporte mecánico...). Evidentemente en el Análisis de Ciclo de Vida las emisiones a considerar son las efectivas y no las contabilizadas le-

galmente. En la tabla III se presentan los datos termoquímicos necesarios para la estimación de las emisiones en los procesos térmicos involucrados.

Los procesos de fusión de fritas alternativos con CaO o CaCO₃ como precursor de calcio, pueden describirse a grandes rasgos como se muestra a continuación desde el punto de vista de contabilización de emisiones de CO₂ efectivas y computables a efectos de la ley 1/2005.

2.1.1. Fusión de fritas con CaO

Se consideran dos etapas: las emisiones en la calera y en la factoría de fritas. La piedra caliza se moltura en la calera, se obtiene la cal por calcinación a 900°C de la piedra caliza, el CO₂ desprendido sumado al del combustible de la calera es descontado de los derechos de emisión de la empresa de cal, el asociado al proceso de molturación no computa a efectos legales del mercado de emisiones como ya se ha indicado. El material es transportado a la factoría de fritas donde es fundido a 1500°C: el CO₂ asociado al transporte no se descuenta legalmente pero sí el CO₂ desprendido de la cal (emisión de CO₂ procedente de los carbonatos residuales no descompuestos en calera) y el del combustible de la fusión (energía térmica de descomposición endotérmica de carbonatos residuales y de calentamiento del CaO hasta la temperatura de fusión).

De esta forma las emisiones en la factoría de cal son 0,989 kgCO₂/kgCaO, las asociadas al transporte de la cal hasta la factoría de fritas son 0,04K gCO₂/KgCaO (siendo K los km recorridos). En la factoría de fritas se emiten 0,18 kgCO₂/kgCaO. En total las emisiones del proceso combinado con CaO serían 1,669+ 0,04 10⁻³ K (kgCO₂/kgCaO).

2.2.2. Fusión de fritas con CaCO₃

En este proceso la caliza se moltura a 45 mm y acondiciona en la cantera y se transporta a la factoría de fritas para su dosificación en la mezcla para fusión. Como las empresas dedicadas a la preparación de minerales metálicos no están afectadas por el decreto de emisiones, el CO₂ asociado al proceso de molturación no computan sus emisiones legalmente y tampoco el del transporte a la factoría de fritas.

De esta forma las emisiones asociadas a la molturación y transporte por la empresa suministradora, no afectada por el mercado de emisiones, son 0,5+0,07 10⁻³ K (kgCO₂/kgCaO), siendo K los km recorridos desde la cantera hasta la factoría de fritas. Las emisiones en la fusión de la frita resultan 1,168 kgCO₂/kgCaO. En total las emisiones reales del proceso son 1,668+0,07 10⁻³ K (kgCO₂/kgCaO)

Desde la perspectiva de ahorro de emisiones de CO₂, el computo global es sólo ligeramente favorable al proceso que utiliza CaCO₃ como materia prima, aunque desde la perspectiva

Tabla III: Datos termoquímicos

Capacidades caloríficas Cp/R

CaO 6.104+0,000443T-1.047 10⁵ T⁻².

CaCO₃ 12.572+0,002637T- 3.12 10⁵ T⁻².

CO₂ 5,457+0,001045T-1,157 10⁵ T⁻².

Descomposición CaCO₃ en CaO+CO₂, 1780 kJ/kgCaCO₃.

Poderes caloríficos netos y factores de emisión específicos del país para el combustible respectivo: comunicados por el Estado miembro respectivo en el inventario nacional más reciente (año 2003) presentado a la Secretaria de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: Gas natural, PCI=48,27 GJ/t, Factor emisión=56 kgCO₂/GJ.

de la empresa de fritas, sus emisiones, a efectos legales, son más bajas utilizando CaO.

Sin embargo, habría que considerar la posible interacción de los materiales en la fusión (producción de escorias silicatadas, aluminatos, reacción con el ácido bórico generando eutécticos de fusión cuando se emplea boro en la composición de la frita...) que podría modificar este balance en una cierta extensión en cada caso particular, favoreciendo a uno de los dos procesos de forma impredecible. La utilización de CaO permite descontar menos derechos de emisión a la producción de fritas, sin embargo, la fabricación de cal asume las emisiones que no descuenta la producción de fritas.

Si consideramos que las factorías que producen CaCO₃ molturada están en un radio de 125 km y las de CaO del orden de 600, las emisiones por kg de CaO necesario para la producción de fritas suponen:

1,693 (kgCO₂/kg CaO) para el proceso con CaO

1,677 (kgCO₂/kg CaO) para el proceso con CaCO₃

Por tanto, el proceso con CaO emite un 1% más de CO₂ en las condiciones consideradas para los materiales analizados.

2.2.3. Consideración del análisis integral ACV

Si consideramos una evaluación ambiental integral mediante ACV es necesario considerar todos los aspectos ambientales asociados al proceso. Dado que CaO es corrosivo y debe manejarse como sustancia peligrosa, el Análisis de Ciclo de Vida es claramente favorable al proceso con CaCO₃. Desde el punto de vista formal se puede arbitrar esta conclusión a través de la matriz ACV de la tabla IV donde se presentan las categorías y factores utilizados en el estudio ACV.

Al aplicar la ecuación 1 por cada kg de CaO introducido en la frita, se consideran los valores de Q para cada categoría y los ecopuntos EP asociados son 1358,47 para el caso de

Tabla IV. Categorías y factores utilizados en el estudio ACV en fusión de fritas con diferentes materias primas cálcicas (CaO o CaCO₃)

CATEGORIA	FC	FN	FE
PELIGROSIDAD(11)		2,7	10
No peligrosos	0		
Muy Tóxicos T+	10		
Tóxicos T	8		
Nocivos Xn y Corrosivos C	5		
Irritantes Xi	2		
EMISIONES		0,69	5
CO ₂	10		
CONSUMO ENERGÍA		3,6 10 ⁻⁷	10
eléctrica	10		
gas natural	8		

la fusión con CaO y sólo 9,47 para el proceso con CaCO₃ que queda claramente favorecido desde la perspectiva ambiental integral.

2.2. Modificaciones que comportan cambios en el método de procesado de los materiales: producción de un pigmento cerámico naranja de cerianita dopada con praseodimio

Los pigmentos cerámicos son compuestos inorgánicos de intensa coloración que presentan suficiente resistencia tanto a la temperatura de operación (1000-1200°C dependiendo del proceso) como a la solubilización de los vidriados utilizados a estas temperaturas (10). Como otros materiales cerámicos pueden ser producidos mediante diferentes métodos, así por ejemplo se ha estudiado la obtención de la disolución sólida Pr_{0,1}Ce_{0,9}O₂, un pigmento de color rojo mediante tres procedimientos. (a) método cerámico CE que utiliza óxidos que se mezclan y calcinan, (b) método de coprecipitación CO que utiliza nitratos o sulfatos precipitados de forma conjunta con amoníaco en agua y (c) método de microemulsión, ME que parte de nitratos y sulfatos microemulsionados en un aceite como el iso-octano con surfactantes, y que se precipitan con amoníaco también microemulsionado.

Para aplicar la metodología ACV a los pigmentos, en este caso a un pigmento naranja disolución sólida de praseodimio en cerianita de fórmula Pr_{0,1}Ce_{0,9}O₂ (11), que es más compleja que en el caso anterior, se han utilizado las categorías de impactos y los factores de caracterización (FC), normalización (FN) y evaluación (FE) que se presentan en la tabla V.

Los resultados de colorimetría (L*/a*/b*) en Pr_{0,1}Ce_{0,9}O₂ utilizado como colorante naranja (valor de L* bajo y de a* alto) en adiciones al 2% a formulaciones de gres porcelánico, del mineralizador utilizado, temperatura de calcinación y tiempo de retención así como de los ecopuntos ACV se indican en la tabla VI.

Tabla V. Categorías y factores utilizados en el estudio ACV en la producción del pigmento naranja de praseodimio-cerianita

CATEGORIA	FC	FN	FE
PRECURSORES		2,7	10
Oxidos	1		
Haluros, sulfatos, nitratos	50		
Orgánicos	5		
ADITIVOS		1,1	100
Mineralizador halog.	50		
Surfactante	2		
Cosurfactante	1		
Alcali	10		
VEHICULOS		7,7 10 ⁻⁵	5
Agua	1		
Etanol	10		
i-Octano	5		
CARCINOGENOS (11)		92	10
A1	100		
A2	50		
A3	20		
A4-5	1		
M. PESADOS(11)		18,4	5
Por precursor directo	100		
Por precursor indirecto	50		
CONSUMO ENERGIA		3,6 10 ⁻⁷	10
Calcinación 1100°C	90		
Secado total.	10		
Secado de decantado	1		
Micronizado	10		
Molturación	10		
Ultrasonidos o reflujo	6		
EMISIONES CO₂		0,69	5
Etanol	10		
i-Octano	50		
Agua	1		
Calcina óxidos	10		
Calcina haluros	100		
Calcina orgánicos	50		
RESIDUOS		3,0 10 ⁻⁴	6
De i-octano reutilizable	30		
De lavado m. pesado directo	50		
De lavado m. pesado indirecto	20		
Gestión residuos esmaltado	2		

Para la evaluación del impacto higiénico-ambiental mediante la metodología ACV en este material, las variables Q de entrada de materiales para este sistema han sido:

Tabla VI. Datos de procesado y resultados colorimétricos y ecopuntos ACV

	CE	CO	ME
Mineralizador (mol)	NaF (0,7)	NaF (0,7)	NaF (0,7)
T(°C)/t(h)	1100°C/6h	1100°C/6h	1100°C/6h
L*/a*/b*	81/4/16	80/6/18	76/9/22
Porcelánico 2%			
Ecopuntos Totales	5.098	10.461	36.998
Ecopuntos emisiones y consumo energía	276	1.346	27.421

Mol de pigmento final: Pr_{0,1}Ce_{0,9}O₂ (M=172,1 g/mol)*Muestra CE.*

Agua: 2 mL por cada gramo de muestra final (19,1 mol/mol)

Mineralización: 0,7 mol NaF.

Muestra CO.

Agua: 250 mL por cada 10 g. de muestra cruda (239 mol/mol).

Amoniaco: 4,5 mol/mol.

Cloruros: 3,2 mol/mol

Muestra ME.

Agua: 20 mL por cada 10 g. de muestra final (19,1 mol/mol).

Amoniaco: 4,5 mol/mol.

Iso-octano: 100 mL por g de muestra final (150,96 mol/mol).

Surfactante: 1% del peso total inicial (1,77 mol/mol)

Cosurfactante: 0,3% del peso total inicial (0,5 mol/mol).

A partir de los datos ACV el método de coprecipitación aparece como óptimo, al desarrollar mejores coloraciones (62/21/25 al 5% en peso en esmalte de bicocción de cocción a 1000°C y 80/6/18 al 2% en peso agregado a polvo atomizado de gres porcelánico que es cocido a 1.200°C), con un valor en puntos ACV moderado, tanto en el total (10.461) como el asociado a emisiones y consumo de energía (1.346), siendo poco recomendable el cerámico por producir coloraciones no viables a pesar de sus bajas emisiones y bajo impacto ambiental total (276 y 5.098 ecopuntos respectivamente), ni la microemulsion por su elevado impacto ambiental ACV a pesar de un mejor rendimiento colorimétrico. En este caso la valoración ACV coincide con el de las emisiones, aunque no se elige el método de menor impacto ambiental por eficacia en las prestaciones pigmentantes(12).

3. CONCLUSIONES

La evaluación ambiental de un proceso o producto debe realizarse de forma integral a través de herramientas tales como el Análisis de Ciclo de Vida que permiten comparar las diferentes alternativas de proceso y producción. Las emisiones de gases de efecto invernadero que se pretende reducir en la Unión Europea mediante la instauración del mercado de emisiones, emanado del compromiso europeo con el protocolo de Kioto, son un elemento importante pero no determinante. En el mercado de emisiones no se contabilizan las emisiones efectivas, sino sólo las asociadas a procesos de combustión afectados por la direc-

tiva y siempre que la instalación supere el umbral legal.

En los ejemplos expuestos, el carácter peligroso del CaO, respecto al compromiso de Kioto favorece con claridad a la opción del no peligroso CaCO₃ en la fusión de fritas cerámicas. Sin embargo, en el ejemplo del pigmento cerámico de praseodimio-cerianita, la necesidad de una adecuada prestación del material, asociada con un impacto ambiental moderado, favorece al procesado mediante coprecipitación del pigmento naranja de praseodimio-cerianita descrito.

Los ejemplos desarrollados en la producción cerámica indican que una metodología de comparación basada en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como la que se ha expuesto, relativamente sencilla y aplicable de forma general a los diferentes procesos de producción de materiales vítreos, pigmentos y fritas cerámicas, permiten adoptar decisiones acerca de las ventajas/inconvenientes de variar los procesos productivos con vistas a los compromisos emanados del protocolo de Kioto de una forma racional y sostenible. ■

REFERENCIAS

1. IDAE(Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía), Impactos Ambientales de la Generación Eléctrica: ACV de ocho tecnologías de generación eléctrica, Madrid, 2001.
2. V. Cleij, Prèconsultants, Programa SimaPro (v3.1-entorno MS-DOS), Amsterdam, 1999.
3. Real Decreto 777/2006, de 23 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 1866/2004, de 6 de septiembre, por el que se aprueba el Plan Nacional de asignación de derechos de emisión, 2005-2007.
4. Balance del primer año de aplicación de la ley 1/2005 de emisiones verificadas frente a asignaciones, <http://www.mma.es>.
5. Propuesta del Plan Nacional de Asignación 2008-2012, <http://www.mma.es>.
6. G. Monrós, H. Pinto, J. Badenes, A. Forés, M. Llusar, M.A. Tena, "Derechos de emisión de gases con efecto invernadero (GHG) y la industria cerámica" Técnica Cerámica, 330(2005)22-35.
7. G. Monrós, C. Gargori, J. Badenes, M.A. Tena, Balance 2005 y plan nacional de asignación de emisiones 2008-12 en la cerámica plana vidriada, Técnica Cerámica, 2006.
8. Anexo I del Real Decreto 363/1995 de 10 de marzo de 1995 por el que se regula la notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y sus modificaciones posteriores. Ficha de Seguridad Química CaO ICSC:0409, <http://www.mtas.es/insht/ipcsnspn/nspn0000.htm>.
9. J. Ma. Rincón, Materias primas alternativas con menor emisión de CO₂ para la fabricación de productos vítreos (vidrios y vitrocerámicos). En: CO₂ nas indústrias de Altas Temperaturas, CIAT, Eds: J. Labrincha y otros. Editado en CD por la Universidad de Aveiro, 16 dic. 2005
10. G. Monrós, J.A. Badenes, A. García, M.A. Tena, El Color de la Cerámica, Colección Athenea, ISBN 84-8021-449-X, Universidad Jaume I, 2003.
11. C. Gargori, A.K. Martí, M.A. Tena, J. Badenes and G. Monrós, Analisis de Ciclo de Vida (ACV) en la síntesis de materiales: síntesis comparada de Pr_{0,1}Ce_{0,9}O₂, III Reunión del Grupo Español de Química Sostenible, Castellón, Octubre 2005.
12. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: TLVs Valores Límite para Sustancias Químicas y Agentes Físicos en el ambiente de trabajo e Índices Biológicos de Exposición para 2002. Versión autorizada en castellano y editada por la Consejería de Trabajo y Asuntos Sociales de la Generalidad Valenciana.

MEDICINA Y SALUD

Crononutrición: uso de leches disociadas para mejorar los ritmo sueño/vigilia en lactantes

AUTORES: C. BARRIGA, J. CUBERO, D. NARCISO, P. TERRÓN, *R. RIAL, **M. RIVERO Y A.B. RODRÍGUEZ

Departamento de Fisiología.

Universidad de Extremadura

**Departamento de Biología Fundamental.*

Universidad de las Islas Baleares

***Laboratorios Ordesa S.L.*

INTRODUCCIÓN

Determinadas funciones fisiológicas se encuentran bajo control circadiano, es decir que se repiten en un periodo de tiempo de aproximadamente cada 24 horas. De entre ellas podemos señalar como especialmente importante los ciclos de sueño/vigilia, consiguiendo de esta forma nuestro organismo estar en armonía con nuestro entorno de luz/oscuridad. Antes del nacimiento, los ciclos de sueño/vigilia están acomodados a los del cuerpo de la madre¹. Inmediatamente después del nacimiento, estos sistemas no han alcanzado la madurez suficiente para acomodarse al ritmo normal de 24 horas, y son necesarios al menos tres meses para que el bebé comience a presentarlos.² Incluso este tiempo en muchos casos es insuficiente, puesto que el 30% de los lactantes presentan problemas para conciliar y mantener el sueño nocturno. Este hecho representa un problema tremendo para el desarrollo nervioso de los bebés, superponiéndose además el trastorno que el no dormir del niño produce a los padres, que en la mayoría de los casos deben acudir a su puesto de trabajo cansados y sin rendir de forma eficaz en el mismo.

La melatonina, hormona secretada principalmente por la glándula pineal, presenta un ritmo circadiano con altos niveles nocturnos y bajos diurnos, siendo esta hormona responsable de regular y sincronizar el ritmo sueño/vigilia en nuestro cuerpo. El recién nacido no presenta ritmos circadianos claros de sueño/vigilia hasta pasados las 12 semanas de vida, dado que la secreción rítmica de melatonina no manifiesta su consolidación hasta aproximadamente los tres meses de vida³.

La leche materna presenta oscilaciones circadianas de melatonina. Así, nos encontramos que los niveles de melatonina por la noche en la leche humana se elevan, decreciendo cuando empieza el día, para mantenerse muy bajos durante todo el periodo de luz. Este hecho influye considerablemente en ayudar a consolidar el ritmo sueño/vigilia en los niños alimentados al pecho. De hecho, el lactante alimentado con leche materna muestra un mayor ritmo circadiano

de sueño y vigilia y, por tanto, unos patrones de sueño más fisiológicos que el niño alimentado con leche de fórmula artificial⁴. Pero no sólo aparecen cambios circadianos de melatonina en la leche materna, sino que también encontramos variaciones en alguno de los componentes nutricionales que intervienen en la regulación de los ritmos circadianos, consiguiendo de esta forma la leche materna influir con más garantía en la regulación del sueño/vigilia de los bebés. Así, el aminoácido esencial triptófano muestra un ritmo circadiano en la leche materna, presentando sus máximos niveles a las 03:00 h⁵. Este aminoácido es precursor del neurotransmisor serotonina y de la hormona melatonina, ambas sustancias con un importante papel de actuación en la fisiología del sueño. De hecho, ha sido descrito que la administración oral de triptófano modifica los niveles circulantes de melatonina y serotonina⁶, sustancias claves en la regulación y calidad del sueño. Teniendo en cuenta que el mecanismo para el triptófano de absorción y transporte a través de la barrera hematoencefálica es insulina-dependiente, si la alimentación es rica en carbohidratos y triptófano, este aminoácido tendrá una mayor facilidad para ser absorbido y penetrar en el encéfalo⁷.

Profundizando aún más en los elementos nutricionales presentes en la leche materna y que pueden influir en el sueño del bebé, nos encontramos con que alguno de los nucleótidos como la adenosina-5P y la uridina-5P actúan como sustancias promotoras del sueño^{8,9}. Otros nutrientes como los lípidos de la clase Triglicéridos de Cadena Media (MCT) actúan mejorando el ritmo sueño/vigilia de los recién nacidos gracias a su fácil digestión y a su biotransformación en energía¹⁰.

Sin duda alguna, la leche materna es el alimento perfecto para el bebé, motivo por el cual las leches artificiales para los lactantes intentan imitarla al máximo. Sin embargo, hasta el momento ninguna de las leches artificiales ha tenido en cuenta las variaciones circadianas de sus componentes, por lo que las fórmulas adaptadas que se encuentran en el mercado lo mismo la toman los bebés de día que de noche.

Basado en todo lo expuesto, una nueva fórmula disociada en sus componentes nutricionales que intervienen en el sueño de los bebés ha sido desarrollada por nuestro grupo de investigación junto a los Laboratorios Ordesa, S.L. y la Universidad de las Islas Baleares, al objeto de facilitar la consolidación del ritmo sueño/vigilia en lactante. Para ello, los componentes nutricionales de la leche infantil (*Blemil Plus Forte 1*[®], *Ordesa S.L.*) se distribuyeron en dos preparaciones de acuerdo a si sus componentes nutricionales eran facilitadores del sueño o de la vigilia. La leche noctur-



Figura 1. Actímetro Actiwach® para analizar los parámetros de sueño en los bebés mediante el registro de actividad/inactividad. Todos los niños que participaron en el estudio llevaban puesto este dispositivo en su tobillo.

na promotora del sueño (*Blemil Plus 1 Noche*®) contenía altos niveles de L-triptófano y de carbohidratos (para garantizar los niveles de insulina que ayudan a su absorción en el intestino), bajos niveles de proteínas (para garantizar la óptima absorción del triptófano), altas concentraciones de los MCT y los nucleótidos uridina 5 monofosfato y adenosina 5 monofosfato. La leche para el periodo de vigilia, (*Blemil Plus 1 Día*®), contenía altos niveles de proteínas y bajos niveles de triptófano, Vitaminas A, C y E las cuales poseen la capacidad de estimular la vigilia, y de los nucleótidos citidina-5P, guanosina-5P e inosina-5P. En resumen, habíamos dividido los componentes nutricionales de la leche estándar en dos leches que se complementaban: La *Leche Día* que era administrada desde las 06:00h hasta las 18:00h y la *Leche Noche* se suministraba desde las 18:00h hasta las 06:00h. Nada se había incrementado ni eliminado de la leche estándar (*Blemil Plus Forte 1*®), simplemente se habían disociado sus componentes según sus efectos en el sueño o en la vigilia. Las proporciones de los nutrientes Leches Día y Noche estuvieron dentro de los límites de la directiva de leches infantiles 1996/49/CE y 2003/14/CE.

Protocolo Seguido

En el primer ensayo las fórmulas adaptadas fueron administradas a cada niño (n=24) en un ensayo a doble ciego durante dos semanas. Durante una semana (control) los bebés siempre recibieron la misma leche estándar (*Blemil Plus Forte 1*®, *Ordesa S.L.*) tanto de día como de noche. Durante la semana experimental los niños recibieron durante el día *Blemil Plus 1 Día*® y durante la noche *Blemil Plus 1 Noche*®. De esta forma, cada niño fue control de sí mismo. El tipo real de leche que se administraba cada semana a los niños fue desconocido tanto para los padres como para los investigadores de este ensayo, hasta que todos los experimentos y los análisis estadísticos finalizaron. Tras mostrar los resultados a la empresa, *Ordesa S.L.* reveló qué leches fueron administradas a los lactantes cada semana. Este estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación de la Universidad de Extremadura.

Mediciones de los parámetros de sueño

Para analizar la evolución del sueño de los lactantes con las diferentes fórmulas adaptadas, se utilizaron Actímetros no invasivos de registros de actividad/inactividad. Todos los niños llevaban

un actímetro (*Actiwatch*®, *Cambridge Neurotechnology Ltd., U.K.*), que excepto en la hora del baño, llevaban puesto en su tobillo (figura 1). Un sensor interno recogía los movimientos y los acumulaba cada 2 minutos. Antes del estudio, los padres de los niños seleccionados fueron instruidos con una serie de normas para intentar conseguir las mismas condiciones ambientales de temperatura, luz y sonido, así como en el tiempo de llevar al niño a la cuna.

Análisis del sueño de los lactantes

Una vez retirado el actímetro del tobillo de los bebés, este fue analizado en un ordenador mediante el software *Sleep Analysis*® (*Cambridge Neurotechnology Ltd., U.K.*). De todos los parámetros que nos da el análisis del sueño, se seleccionan aquellos que ofrecían información más relevante acerca de la calidad del sueño como:

1. Tiempo total de sueño nocturno.
2. Eficiencia del sueño: de todo el tiempo que está el bebé en la cuna, cuánto tiempo se encuentra dormido.
3. Minutos de inmovilidad del bebé en la cuna durante la noche.
4. Latencia de sueño: Tiempo que tarda el bebé en dormirse desde que sus padres lo depositan en la cuna.
5. Número de despertares nocturnos

Además los padres completaban en su hogar una Agenda diaria de sueño, que consistía en anotar los periodos de sueño del lactante a lo largo de las 24 horas, añadiendo el número de tomas de biberón, así como todas las observaciones e incidencias acontecidas durante cada día y que pudieran influir en el reposo del lactante. Finalizado el estudio los padres fueron preguntados qué semana habían observado la mejoría en el sueño de su bebé.

El estudio estadístico de los resultados fue descriptivo e inferencial usando la ANOVA *F-Scheffe* (análisis de la varianza), siendo $p < 0.05$ el nivel de significación entre los diferentes grupos.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

En la **Tabla I** se muestran las horas del Sueño real en aquellos lactantes que tomaron las leches *Blemil Plus 1 Día/Noche*® de acuerdo con su entorno con respecto a la semana en que se alimentaba con leche control.

Respecto al % de Eficiencia de Sueño de los bebés de las dos semanas analizadas se observa el mayor valor $79,19\% \pm 1,09$ en la semana durante la cual los lactantes ingirieron la fórmula *Día/Noche* de acuerdo con su entorno, siendo este aumento significativo ($p < 0,01$). Los resultados referentes a los Minutos de Inmovilidad nocturna, cuantifican una media de minutos nocturnos en los lactantes de $411,52 \pm 14$ minutos en la semana en que se alimentaron con la fórmula disociada de la *Día/Noche*, valores superiores estadísticamente a los de la semana control. Referente a los Despertares registrados

Tabla I. Parámetros de Sueño analizados semanalmente tras la administración de la leche control y de la leche experimental en niños lactantes con problemas de sueño. n=54.

PARÁMETROS DE SUEÑO	CONTROL	EXPERIMENTAL
<i>Horas de Sueño Real</i>	7,44 ± 0,12	8,66 ± 0,16 *
<i>% Eficiencia de Sueño</i>	74,15 ± 0,95	79,19 ± 1,09 *
<i>Inmovilidad (min)</i>	327,19 ± 9,21	411,52 ± 13,91 *
<i>Nº de Despertares</i>	15,48 ± 0,7	14,88 ± 0,69 *
<i>Latencia de Sueño (h)</i>	27 ± 2,4	20,4 ± 1,8 *

Cada valor representa la X ± DS de 54 niños

Dieta Control: Primera semana de 06:00-18:00; Leche de Inicio Normal y de 18:00-06:00; Leche de Inicio Normal). Leche Día: *Blemil Plus 1 Forte*[®]; Leche Noche: *Blemil Plus 1 Forte 1*[®].

Dieta Experimental: Leche *Blemil Plus 1 Día*[®]: Leche disociada en sus componentes nutricionales para consolidar la vigilia. Leche *Blemil Plus 1 Noche*[®]: Leche disociada en sus componentes nutricionales para consolidar el sueño.

p<0.05 con respecto a la semana control

Test estadístico: ANOVA *F-Scheffe* (análisis de la varianza), siendo p<0.05 el nivel de significación entre los dos grupos.

fueron menores de forma significativa en la semana que se administró la fórmula de *Día/Noche* en armonía con el ambiente

La Latencia de sueño, tiempo que tarda en dormirse desde que el niño es depositado en la cama, es menor también en los bebés de la semana que ingirieron la leche disociada *Día / Noche*, siendo el valor medio de la semana de 20,5 ± 2 minutos y la semana control fue de 27,2 ± 2,4. Cuando se preguntó a los padres qué semana de las dos del estudio el niño había dormido mejor, los padres en un mayor porcentaje (75%) señalaron que habían notado la mejoría en el sueño de sus bebés la semana en que los lactantes habían tomado la leche *Día/Noche* de acuerdo a su entorno.

A la vista de los resultados obtenidos podemos indicar que las leches *Blemil Plus 1 Día/Noche*[®], las cuales presentan una disociación en los componentes nutricionales que intervienen en vigilia/sueño, son responsables de desarrollar, una respuesta positiva del sueño de un 62% de los lactantes, mejora que fue obtenida especialmente en los niños que dormían peor, ya que el resto (28%) de los niños que participaron en el estudio ya dormían de forma aceptable antes de los experimentos. Con estas leches *Día/Noche* se ha conseguido una dieta cronobiológica más semejante a la leche materna que presenta una significativa mejoría del sueño de los lactantes, especialmente en los niños que duermen mal.

Los resultados obtenidos en el primer ensayo nos ha revelado que las leches disociadas *Día/Noche* ayudan a la consolidación del ritmo circadiano sueño/vigilia. Teniendo en cuenta que estas leches día/noche fueron administradas la última de las dos semanas que duró este primer ensayo, y al objeto de valorar si parte de

los resultados obtenidos se podrían deber a que al transcurrir tres semanas, los lactantes de forma natural estuvieran más maduros en la consolidación del ritmo sueño/vigilia, se llevo a cabo un **segundo ensayo** en el cual las leches *Día/Noche* fueron administradas de forma aleatoria durante las tres semanas realizándose el ensayo a doble ciego, a 30 lactantes menores de 5 meses y con problemas de sueño. Los resultados que se obtuvieron en este segundo ensayo volvieron a corroborar las mismas conclusiones que aquí se han presentado, ya que siempre los mejores resultados en los parámetros de sueño se obtuvieron la semana en que los bebés tomaban la combinación *Blemil Plus 1 Día/Noche*[®] de acuerdo con su entorno, e incluso si la semana *Día/Noche* era suministrada la primera o la segunda semana del estudio, los bebés mostraban una mejoría del sueño los primeros días de las semanas restantes.

En este **segundo ensayo** se determinaron los mismos parámetros de sueño que en el primer ensayo clínico. Los resultados que obtuvimos mediante la técnica descrita con el Actiwatch, que los niños llevaban en su tobillo, indicaron que una mejora en el sueño nocturno fue encontrada en los lactantes tanto en la semana B (*Blemil Plus 1 Forte*[®] / Leche Noche) como en la semana C (leches disociadas *Día/Noche*). Así, en la Semana B encontramos un incremento en la Eficiencia de sueño (76,43 % ± 3,4 % vs. Dieta A=control 69,86 % ± 0,94 y Latencia de sueño (0,45 ± 0,04 vs. Dieta A=control 0,60 ± 0,08) y en la semana C los niños mostraron un aumento significativo en las Horas de sueño (7,68 ± 0,54 h vs. Dieta A=control 6,77 ± 0,12) y en la Latencia de sueño (0,44 ± 0,04 vs. Dieta A=control 0,60 ± 0,08). A su vez los padres reflejaron mediante encuesta una mejoría en el sueño de sus bebés con la semana de la Dieta C y con la semana de la Dieta B.

COMENTARIOS FINALES

Los fabricantes de alimentos infantiles se han preocupado de conseguir fórmulas que alcancen la mayor similitud posible con respecto a la leche materna. Sin embargo, la igualdad completa es imposible, debido entre otras causas, a que simplemente las proteínas o los elementos celulares de la leche de cada especie animal son esencialmente diferentes. De hecho, está bien documentado que la concentración de triptófano en la leche materna representa el 2,5% del total de proteínas, mientras que en la mayoría de las fórmulas comerciales registradas el contenido del triptófano es del 1,5 %¹¹.

Existen acusadas variaciones circadianas en la composición de la leche humana que deben de tener una importancia funcional clave en el desarrollo de los lactantes. Sin embargo, hasta el momento no se han desarrollado en absoluto fórmulas para alimentos infantiles que tengan en cuenta estos aspectos, pese a que la información sobre la variabilidad circadiana de la leche hace décadas que se conoce¹². Por ejemplo, existen numerosas referencias que demuestran valores de acrofase y nadir diferente según el componente en cuestión, como para el aminoácido triptófano que en la leche materna posee unos niveles máximos durante el periodo nocturno⁵, así también existen valores máximos al atardecer para el péptido inductor del sueño (PSP)⁴, el cortisol, así como sodio y potasio¹³, folatos y lípidos¹⁴.

Las perturbaciones del sueño están recibiendo una atención creciente por parte de los profesionales de la salud, dada la importancia que presentan en relación con estado general de la salud. Uno de los colectivos que presenta dichas perturbaciones es la de las personas con niños de corta edad. Los trastornos del sueño de los bebés no sólo afectan al desarrollo de Sistema Nervioso de los mismos, sino que afecta al ritmo de trabajo y estado de ánimo de los padres¹⁵.

El desarrollo del ritmo circadiano del sueño comienza en vida fetal, ya que periodos de vigilia son seguidos de actividad NREM y REM¹⁶. Los ritmos circadianos tienen un carácter endógeno, siendo generados por un reloj central situado en el núcleo supraquiasmático del hipotálamo (SCN), el cual es presente a la mitad de la gestación¹⁷. El recién nacido debe de ir evolucionando su ritmo ultradiano al que está sujeto para pasar a un ritmo circadiano en sincronía con el medio externo, lo cual no consigue hasta aproximadamente las 12 semanas de edad. Sin embargo, no todos los bebés lo consiguen, puesto que un 30% de los lactantes presentan problemas de sueño¹⁸. A pesar del carácter endógeno del ritmo, determinados factores periódicos del ambiente, como son los ciclos luz/ oscuridad o las pautas nutritivas, pueden actuar como sincronizadores (*zeitgebers*) de los ritmos circadianos. De hecho en los primeros momentos de vida, las interacciones de la madre y el niño son fundamentales para el óptimo desarrollo del ritmo circadiano del bebé.

Los resultados obtenidos en los dos ensayos han sido muy clarividentes en lo referido a la mejoría en la calidad y cantidad del sueño en los lactantes estudiados. Las leches artificiales disociadas en sus componentes *Día/Noche*, mostraron de forma significativa y respecto a las semanas anteriores, que durante esos siete días los lactantes aumentaban las horas de sueño, cuantificadas mediante el Sueño real, además de aumentar la Eficiencia de sueño, así como una reducción en la Latencia de sueño, la cual refleja el tiempo que transcurre desde que el niño es depositado en la cuna hasta que empieza a dormirse. Por tanto, durante esta semana con Leches *Día/Noche* los niños mostraron una mejoría significativa en el sueño nocturno.

Los resultados obtenidos en los niños mediante el registro de movimientos por actimetría respecto a la semana en que el descanso nocturno aumentaba, fue corroborado tanto por la opinión que los padres como por los datos que los padres diariamente apuntaban en las Agendas de sueño.

CONCLUSIÓN

A la vista de todo lo expuesto podemos señalar que en los primeros meses de vida, la alimentación idónea en cada momento del día puede actuar como *zeitgebers* ayudando a la maduración en la consolidación del ritmo sueño/vigilia. Nuestros resultados abren la puerta a la *Crononutrición* en base a que no sólo hay que tener en cuenta el alimento desde el punto de vista nutricional, sino que éste debe de estar en armonía con el entorno y en concordancia con la motilidad intestinal, secreciones digestivas, niveles hormonales, metabolismo hepático, tasa metabólica y variaciones

en la sensibilidad en las células dianas. El conocimiento del adecuado ritmo de alimentación con la sintonía de nuestros ritmos internos es de gran importancia, tanto para individuos sanos como en sujetos con determinadas patologías, tales como trastornos de sueño, obesidad y diabetes

En resumen, el empleo de una formula infantil adaptada cronobiológicamente en sus componentes nutricionales, presenta una mejora en la consolidación del ritmo sueño/vigilia en niños con lactancia artificial.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kennaway DJ. Programming of the fetal suprachiasmatic nucleus and subsequent adult rhythmicity. *Trends Endocrinol Metab.* 2002; 13(9):398-402.
2. De Vries JJP, Visser GHA, Prechtel HFR. The emergence of fetal behaviour. Qualitative aspect. *Early Hum Dev.* 1982; 7(4): 301-322.
3. Ardura J, Gutierrez R, Andres J, Agapito T. Emergence and evolution of the circadian rhythm of melatonin in children. *Horm Res.* 2003; 59(2):66-72.
4. Graf MV, Hunter CA, Kastin AJ. Presence of delta-sleep-inducing peptide-like material in human milk. *J Clin Endocrinol Metab.* 1984;59(1):127-32.
5. Cubero J, Valero V, Sanchez J, Rivero M, Parvez H, Rodriguez AB, Barriga C. The circadian rhythm of tryptophan in breast milk affects the rhythms of 6-sulfatoxymelatonin and sleep in newborn. *Neuro Endocrinol Lett.* 2005; 26(6).
6. Hajak G, Huether G, B.lanke J, Freyer B, Poeggeler P, Reimer A, Rodenbeck A, Schulz-Varzegi A, Ruether M. The influence of intravenous L-tryptophan on plasma melatonin and sleep in men. *Pharmacopsychiat.* 1999; 24: 17-21.
7. Wurtman RJ, Wurtman JJ, Regan MM, McDermott JM, Tsay RH, JJ Breu. Effects of normal meals rich carbohydrates or proteins on plasma tryptophan and tyrosine ratios. *Am J Clin Nutr.* 2003; 77:128-132.
8. Gallopin T, Luppi PH, Cauli B, Urade Y, Rossier J, Hayaishi O, Lambolez B, Fort P. The endogenous somnogen adenosine excites a subset of sleep-promoting neurons via A2A receptors in the ventrolateral preoptic nucleus. *Neuroscience.* 2005;134(4):1377-90.
9. Kimura T, Ho IK, Yamamoto I. Uridine receptor: discovery and its involvement in sleep mechanism. *Sleep.* 2001; 24 (3):251-60.
10. Telliez F, Bach V, Leke A, Chardon K, Libert JP. Feeding behavior in neonates whose diet contained medium-chain triacylglycerols: short-term effects on thermoregulation and sleep. *Am J Clin Nutr.* 2002;76(5):1091-5.
11. Heine WE. The significance of tryptophan in infant nutrition. *Adv Exp Med Biol* 1999; 467:705-710.
12. Picciano MF, Guthrie HA. Copper, iron, and zinc content mature human milk. *Am J Clin Nutr.* 1976; 29(3):242-54.
13. Keenan BS, Buzek SW, Garza C. Cortisol and its possible role in regulation of sodium and potassium in human milk. *Am J Physiol.* 1983;244(3):253-61.
14. Stafford J, Villalpando S, Urquieta Aguila B. Circadian variation and changes after a meal in volume and lipid production of human milk from rural Mexican women. *Ann Nutr Metab.* 1994;38(4):232-7.
15. Fukumizu M, Kaga M, Kohyama J, Hayes MJ. Sleep-Related night time crying (Yonaki) in Japan: A community-based study *Pediatrics* 2005;115(1): 217-224
16. Mirmiran M, Maas YGH, Ariaño RL. Development of fetal and neonatal sleep and circadian rhythms. *Sleep Med Rev.* 2003; 7(4):321-34.
17. Riikees SA, Hao H. Developing circadian rhythmicity. *Semin. Perinatal.* 2000; 24(4):232-42.
18. Estivill E. Childhood insomnia due to disorderly habits. *Rev Neurol* 2000; 30(2):188-191.

MEDICINA Y SALUD

La compleja evolución de la Enfermedad de Alzheimer durante sus cien años de existencia: investigación, clínica y asistencia sociosanitaria

AUTORES: ADOLFO TOLEDANO^{1,2}, M^a ISABEL ÁLVAREZ^{1,2} Y SANTIAGO TOLEDANO-DÍAZ²

¹ Instituto Cajal, CSIC

² Fundación Alzheimer España

EL NACIMIENTO DE LA ENFERMEDAD

DE ALZHEIMER

Se cumple por estas fechas el centenario del nacimiento de una patología cerebral que ha hecho cambiar casi todos los conceptos que regían teórica y prácticamente la Medicina desde la investigación y la clínica hasta la asistencia a los enfermos. Su nombre, Enfermedad de Alzheimer; su padre, a todos los efectos, Alois Alzheimer (Markbreit, 1864; Brenson, 1915). La historia de esta enfermedad se inicia cuando un joven alemán atraído por las ciencias naturales decide estudiar Medicina, lo cual lleva a cabo en varias universidades (Berlín, Tubinga, Wuzburgo). En Wuzburgo aprende el manejo del microscopio y las técnicas histológicas con Kolliker, uno de los más afamados neurohistólogos europeos, el mismo que pocos años más tarde abrirá las puertas de

Europa a Cajal y será el padrino de la teoría neuronal. Acabada su licenciatura en mayo de 1888, en Wuzburgo, decide dedicarse a la Psiquiatría y obtiene una plaza de residente en el Hospital para enfermos mentales y epilépticos de Francfurt. Allí se dedica al estudio y seguimiento de sus pacientes no sólo con los métodos clínicos comunes en su época sino incluyendo pruebas histológicas de los tejidos y, especialmente, realizando el estudio neuropatológico post-mortem del cerebro. Con ello se gana el mote de "el psiquiatra del microscopio". En noviembre de 1901, ingresa en el hospital una mujer de 51 años con demencia, y en su interrogatorio clínico dice llamarse Auguste (nombre de su marido, Auguste Deter). El caso atrae poderosamente la atención de Alzheimer, y Auguste D., nombre con el que pasará a la posteridad, es estudiada con minuciosidad hasta su fallecimiento en 1906. Aunque Alzheimer se había trasladado al Hospital Psiquiátrico de Munich para poder trabajar con el Profesor Emil Kraepelin, psiquiatra de enorme prestigio mundial e iniciador de la psiquiatría moderna, sigue el caso de cerca y consigue que le sea enviado el cerebro de Auguste D. a Munich, donde lo estudia histológicamente durante varios meses. El 13 de noviembre de 1906, en la 37ª Reunión de Psiquiatras del Suroeste de Alemania

TABLA I

Características de la "peculiar enfermedad de la corteza cerebral" presentada por Alois Alzheimer en Noviembre de 1906

DATOS CLÍNICOS

- Historia de deterioro progresivo de la memoria (5 años)
- Alucinaciones
- Ideas Alucinatorias
- Ideas paranoides
- Apraxia (*)
- Transtornos del lenguaje (*)
- Transtornos del comportamiento
- Transtornos de las relaciones sociales (*)

DATOS ANATOMOPATOLÓGICOS

- Disminución del número de neuronas
- Alteraciones intraneuronales fibrilares (ovillos neurofibrilares)
- Depósitos miliares ("miliary sclerosis"=placas seniles)
- Ateromatosis de los vasos sanguíneos (**)

Todos los datos clínicos son consistentes con la sintomatología que se describe actualmente en la Enfermedad de Alzheimer, aunque hay que tener en cuenta que la sintomatología varía en cada fase de su evolución y en cada enfermo porque: a) es una enfermedad crónica y lentamente progresiva, y b) probablemente es el estadio final de distintos procesos neurodegenerativos que cursan con demencia.

(*) En el segundo caso descrito por Alzheimer, la triada sintomatológica que considera predominante es la apraxia, afasia y agnosia. Esto lo recogen durante décadas los tratados de neurología.

(**) La ateromatosis de los vasos sanguíneos se consideró excluyente de EA y definitiva de demencia orgánica o cerebrovascular durante muchos años, pero existen muchos casos mixtos EA/demencia vascular y cada vez más ahora se vuelve a considerar que algunas alteraciones cerebrovasculares están siempre presentes en la EA.

que tenía lugar en Tubinga, Alzheimer, presenta el caso brevemente (Tabla I), resumiendo la historia clínica y enseñando cuatro figuras que muestran “alteraciones fibrilares neuronales” y “placas miliares” (los “ovillos neurofibrilares” y las “placas seniles”, denominaciones que se les dio en castellano muy pocos años después) como expresión de una nueva enfermedad mental. Alzheimer no recibe atención alguna, pero publica “su” caso en 1907 y se dedica a la búsqueda de otros casos parecidos. El espaldarazo al reconocimiento de la existencia de una nueva enfermedad llega a los cuatro años, en 1910, cuando Kraepelin no sólo recoge este tipo de demencia en la revisión que hace de su famoso “Manual de Psiquiatría”, sino que, además, le da el nombre de su descubridor: Enfermedad de Alzheimer (EA).

Si queremos analizar cómo ha evolucionado durante estos cien años la enfermedad de Alzheimer, no podemos, de una manera simplista, recurrir a un escueto estudio epidemiológico. La centenaria evolución de la enfermedad desde su primer caso hasta la actual “epidemia” mundial con más de veinte millones de casos y graves implicaciones de todo orden en todos los países del mundo, supone necesariamente la existencia de grandes cambios en todo lo relacionado con ella. Sin entrar a analizar aspectos muy concretos del Alzheimer, vamos a resaltar algunos hechos claves tanto para entender la enfermedad como para comprender esos grandes cambios. Como se verá, en ciertos momentos, los avances científicos, sanitarios y sociales han condicionado el curso de la EA, pero en otros momentos, las circunstancias de esta enfermedad han sido los motores de radicales avances en todos los campos de la medicina y del funcionamiento de la sociedad.

LA “PLAGA” DEL SIGLO XXI.

ANÁLISIS EPIDEMIOLÓGICO DE LA EA

EN ESTOS CIENTOS AÑOS

Tras el reconocimiento de la enfermedad por Kraepelin en 1910, Perusini analiza cuatro casos recogidos por Alzheimer hasta esa fecha y Alzheimer publica otro caso en 1911. Este caso presentaba sólo placas amiloides (una variante rara) y en él se describe la alteración mental como conjunto de “disturbios agnósicos, afásicos y apráxicos”, siendo esta triada sintomatológica la que ha sido utilizada durante décadas para definir la demencia tipo Alzheimer. Posteriormente, Fuller ya hace una revisión de 11 casos en 1912, pero es muy poco el interés que suscita tanto en la medicina clínica como en la investigación médica hasta pasados los años cincuenta ya que las estadísticas sobre enfermos con demencia son muy escasas y, prácticamente, en los trabajos científicos nunca se pormenoriza el tipo de demencia (Tabla II). Sólo algunos de éstos se refieren específicamente a la demencia Alzheimer, diferenciándola claramente de la senilidad fisiológica y de la demencia cerebrovascular. Durante muchos años, existe una vaga impresión de que, en el envejecimiento, antes o después aparecen los problemas cerebrovasculares y la demencia, con grandes o pequeñas alteraciones de los vasos y la circulación sanguínea y con alteraciones involutivas del cerebro que pueden ser grandes (en el Alzheimer) o pequeñas (en lo que pudiéramos denominar senilidad fisiológica). Como ejemplo de ello podemos citar a Cajal que escribe, en “El mundo visto a los 80 años” (1932), sobre el pesar que supone que cuando se ha llegado al culmen de

TABLA II

Evolución del número de publicaciones sobre la Enfermedad de Alzheimer (EA) y sobre Demencias

(1906-1950) Estimación realizada sobre las revistas de neurociencia con mayor número de publicaciones del Index Medicus)
(1950-2006) Análisis de la base de datos Med Line

Años	N° de publicaciones (% medicina clínica; resto investigación básica)			
	Enf. Alzheimer	EA/Demencia Senil	Demencia	Neurodegeneración
1906-1940	40	150	500	
1940-1950	40	80	300	
1950-1960	53	84	534	
1960-1970	105	160	1.786	
1970-1980	523 (43%)	695	4.330	170
1980-1990	7.375 (42%)	7.740	16.668	690
1990-2000	24.717 (45%)	24.956	39.150	7.214
2006-2006*	27.114 (42%)*	27.182	38.473	19.975

* Hasta Noviembre

La búsqueda de publicaciones se ha realizado en Medline con los epígrafes Alzheimer *, Alzheimer* OR (senile dementia)* y dementia*. La estimación sobre el porcentaje de medicina clínica o investigación básica se ha realizado analizando la temática de 300 trabajos escogidos al azar. Desde 1980 se aprecia que “demencia senil” desaparece como término y tiende a igualarse EA y EA / demencia senil, pasando a ser Alzheimer o demencia no Alzheimer los conceptos que se manejan. La demencia vascular (incluida en el epígrafe demencia en esta tabla) supone más del 90% de las demencias no Alzheimer (excepto en comunidades con problemas especiales: carencias nutritivas, drogadicción, etc). El porcentaje de estudios sobre el Alzheimer frente al resto de todos los demás tipos de demencias (otras neurodegenerativas, tóxicas, vasculares, etc.), que suponen el 45-50% de los casos en la actualidad, se incrementa desde 1980, mostrando el interés especial por la EA. El resto de enfermedades neurodegenerativas se empiezan a estudiar en 1970, pero solo supone un porcentaje pequeño de casos respecto a la EA

TABLA III

Hechos clave en los cien años de evolución de la EA

1906	Presentación del caso "Auguste D." por Alois Alzheimer en el Congreso Psiquiátrico de Tubinga como exponente de una nueva enfermedad
1910	Emil Krapelin recoge la nueva demencia bajo el nombre de "Enfermedad de Alzheimer" en su "Tratado de Neurología" de renombre mundial
1911	Simchwitz propone el término de "placa senil" y describe la degeneración granulovascular, otra señal de neurodegeneración
1926	Se describe la relación entre el contenido de las placas y el amiloide producido en el cerebro (Divry)
1938	Se describe la congofilia de los vasos como patología asociada a las placas (Scholz). Posteriormente se describirá la "angiopatía cerebral amiloide" como una entidad especial (Vinters, 1987)
1963	Se describen con el microscopio electrónico los filamentos helicoidales apareados que forman los ovillos neurofibrilares (Terry y cols.)
1965	Se describen con el microscopio electrónico las fibrillas que forman el amiloide (Terry y cols.)
1966	Martin Roth y su equipo de NewsCastle delimitan las diferencias entre demencia EA (presenil y senil) y otras demencias al tiempo que correlacionamos la intensidad de las alteraciones neuropatológicas con la gravedad sintomatológica
1969	Un Simposium de la Fundación Ciba reúne a expertos de todo el mundo y se definen las características de la EA, clínicas y neuropatológicas, tal como se conocen actualmente
1974	Drachman apunta las relaciones entre el sistema colinérgico y la disfunción cognoscitiva
1974	Se crea en EEUU el National Institute on Aging (NIA) que organiza simposios y grupos de trabajo para definir criterios diagnósticos de la EA, organizar bancos de cerebros y registros nacionales de casos, etc.
1974/80	Se crean las primeras asociaciones de Familiares de enfermos de Alzheimer en EEUU para la autoayuda y para tratar de presionar a la Administración en la solución de la EA.
1979	Se funda la más importante Asociación de Familiares, llamada ADRA (Alzheimer and Related Disorders Association; luego Alzheimer Association)
1977/82	Se enuncia la teoría Colinérgica de la EA tras una serie de publicaciones
1980	La tercera revisión del manual diagnóstico estadístico de las enfermedades (DSM-III) incluye el término "Enfermedad de Alzheimer", pero sólo se le da la relevancia actual clínica y diagnóstica en la DSM-IV (1994) y en la 10ª revisión de la clasificación internacional de las enfermedades de la OMS (CIE-10, 1993)
1984	Por iniciativa del NIA se crea la escala de valoración de la EA para el diagnóstico (ADAS) con la colaboración de Asociaciones como ADRDA
1984	Se purifican las fibras amiloides y se consolida la teoría amiloide
1985	Khachaturian recoge los criterios diagnósticos para diferenciar los olvidos benignos de la senescencia (¿pre-Alzheimer?) ó MCI de la EA
1991	Se encuentra la proteína precursora de amiloide (APP)
1991	Se describe la fosforilación de la proteína Tau como causante de los ovillos neurofibrilares
1991	Braak y Braak demuestran que la neuropatología en la EA tiene una presentación sistemática en la base del cerebro y luego avanza progresivamente por la corteza conforme se agrava la sintomatología
1992	Hardy y Higgins proponen la hipótesis de la "cascada amiloidea" para explicar la neuropatología en la EA
1993	Se describe la susceptibilidad genética a padecer Alzheimer por la existencia de la variante 4 del gen APOE (Strittmater y cols)
1994	Se introduce en la clínica (un ensayo extraordinario) la inmunización ("vacunación") para prevenir la acumulación de amiloide, aunque con resultados negativos
1995	Se encuentran mutaciones que producen EA familiar en los genes de los presenilinas I y II (Scherrintong y Levy-lahad y cols.)
1995	Se describe el primer ratón transgénico portador de un gen APP humano causante de una variante familiar de EA (V717F)
2001	Se introduce la memantina, bloqueante de receptores NMDA para glutamato, en el tratamiento de la EA.

la sabiduría y de la capacidad de análisis, los achaques del cerebro senil y la aterosclerosis priven al científico de enseñar y producir más. Cajal había estudiado cerebros "Alzheimer" como demuestran preparaciones suyas del Museo Cajal, pero es principalmente su discípulo Nicolás Achúcarro, uno de nuestros más importantes neuropatólogos, el que realiza aportaciones muy importantes que han sido pasadas por alto durante años. Durante su estancia en Munich con Alzheimer, éste recibe una invitación para ir a trabajar al Hospital Psiquiátrico de Washington, pero declina la oferta y propone a Achúcarro en su lugar. Contratado

nuestro compatriota realiza allí una importante labor, creando un grupo de neuropatología y una revista donde publica trabajos sobre la EA (1910). En España continúa sus trabajos junto a Cajal, siendo fundamentales sus aportaciones para entender el papel de la glía en esta patología (N. Achúcarro y C. Gayarre. "Contribución al estudio de la neuroglía en la corteza de la demencia senil y su participación en la alteración celular de Alzheimer". Trab. Lab. Invest. Biol. Vol XII, 1914) y siendo el primero en describir variantes de EA con alteraciones fibrilares puras, lo que hoy denominamos taupatías.

Cuando empieza a consolidarse la recuperación de las sociedades occidentales tras la segunda guerra mundial (años 1950-1960), se inician verdaderamente cambios trascendentales en la Medicina Clínica, en la Investigación y en la Protección Social. La EA empieza a ser reconocida como una entidad ya más definida (Tabla II). Se pueden ya encontrar en la literatura científica datos epidemiológicos, estudios clínicos, investigaciones en modelos de laboratorio, teorías sobre el Alzheimer, etc., aunque todavía faltará llegar a los años 1970-1980 para que la EA modifique su curso evolutivo para llegar a su situación actual (Tabla III).

En el plano epidemiológico en los países más avanzados (EEUU, Inglaterra) empiezan a diagnosticarse cuantiosos casos de Alzheimer a partir de los años 60. El número de enfermos aumenta por dos tipos de motivos: porque realmente aumentan los casos y porque se diagnostican más casos. En primer lugar existen cada vez más casos porque la enfermedad, ligada indefectiblemente a la edad, tiene más probabilidades de aumentar en una población que alcanza cotas de longevidad cada vez más elevadas debidas a los adelantos de la Medicina y al aumento del nivel de vida. Así mismo, los enfermos, cada vez mejor cuidados, viven su enfermedad cada vez más años (en España se puede decir que hasta 1980-90 la vida media no sobrepasaba los 5 años y ahora supera los 12). Por ello, tanto la prevalencia anual (proporción de individuos que padecen la EA cada año) como la incidencia (número de casos nuevos cada año) crecen desmesuradamente. Para muchos autores, estos primeros años del siglo XXI donde llegarán al momento de mayor riesgo los nacidos después de la 2ª guerra mundial (los conocidos como "baby boomers"), serán especialmente críticos para todos los sistemas de salud y asistencia social del mundo, pudiendo llegar a cuadruplicarse las cifras de enfermos hacia 2.025. En segundo lugar, el aumento del número de casos depende del diagnóstico. Aunque la EA no tiene prevención ni cura, tanto la demanda social como la necesidad de curar a otros enfermos con demencias tratables o prevenibles (especialmente las demencias orgánicas cerebrovasculares), hace que se tenga mayor interés en los diagnósticos. Los escasos "dementes" mal diagnosticados y peor tratados que estaban internados en las clínicas y hospitales psiquiátricos hasta los años 50-60, así como los "abuelos" con problemas "seniles" que permanecían olvidados y apartados de los círculos familiares, van volviendo poco a poco a luz del entorno familiar y de la sociedad que les rodea. Esta "generación" de tantos casos entre los años 1960 y 1980, y la rápida asunción de que las necesidades de estos enfermos y de sus familiares eran de una magnitud tal que sobrepasaba todas las previsiones de las políticas sanitarias y sociales, son las causas que precisamente impulsan poderosamente los cambios en los conceptos sobre la Medicina del siglo XX (Tabla III). Se considera que existen más de veinticuatro millones de enfermos hoy en día, que serán 42 millones en 2020 y 84 millones en 2050.

Hacia los 65 años empieza a manifestarse la EA con porcentaje entre el 2 y el 6% de la población según diferentes estadísticas. El riesgo de padecer la EA entre los 65 y los 100 años de edad es del 33% en los hombres y del 45% en las mujeres, con un incremento anual del 1-2% en la década de los 70, y del 4% en la década de los 80. En la actualidad, es la tercera causa de muerte en los países oc-

cidentales. Por otro lado, el costo de esta enfermedad es terrible. En el estudio europeo de 2005 (Johnson y Berr, 2005, Cost of dementia in Europe. Eur J Neurol. 12 Supp 1:50-53) en el que no figura España, se calcula que el costo total por paciente/año oscila entre 9.000 y 16.000 € (de 2.000 a 6.000 € el costo sanitario y de 7.000 a 15.000 € el costo no sanitario; los subconceptos no cuadran bien ya que se contemplan de distinta forma según los países)

DE LA PROBLEMÁTICA SANITARIA DEL ENFERMO MENTAL A LA PROBLEMÁTICA SOCIO-SANITARIA DE LA ENFERMEDAD DE ALZHEIMER

Se puede decir que hasta 1950 sólo algunos dementes "privilegiados" tenían algún tipo de atención "especializada", bien porque su posición socioeconómica elevada les permitía ser cuidados en sus domicilios o en hospitales-residencias de alto nivel por un especialista, o bien porque en su baja posición socioeconómica habían tenido acceso a un centro estatal o caritativo. De una manera o de otra, el problema era estrictamente individual y/o familia, y la atención era sólo sanitaria. La desaparición de los psiquiátricos o nosocomios, substituidos por el tratamiento psiquiátrico farmacológico ambulatorio, y la progresiva socialización de la asistencia sanitaria en todo el mundo, junto al creciente número de personas con demencia de Alzheimer a partir de 1960 que señalamos antes, tienen consecuencias trascendentes en la evolución de la EA. En primer lugar es la familia la que recibe el "encargo" de cuidar al enfermo, ofreciendo la sanidad tratamientos muy poco útiles para controlarlo. Esto que ya es problemático de por sí, se agrava si tenemos en cuenta que por una parte, hay que vigilar al enfermo continuamente, y por otra parte, progresivamente, el cambio de la sociedad hace que los familiares tengan ocupado un mayor tiempo del día (aunque se trabaje menos), que haya menos miembros en las familias para cuidar, que se tengan pocas ayudas domiciliarias, que los jóvenes marchen fuera del hogar, que los horarios laborales sean rígidos y exigentes, etc. Las instalaciones hospitalarias se van dedicando progresivamente a enfermos agudos, no crónicos. Las familias se rebelan y se crea un malestar social importante. Los expertos en salud pública se dan cuenta de que la mayor ayuda que necesita un enfermo y una familia con un Alzheimer es de tipo social y se vuelcan en propiciar la "revolución social" de la Medicina que desde los años 40 preconizaba que en todo enfermo había que tratar tanto las causas orgánicas como los problemas psíquicos y sociales que se derivaban de ellos. Se van gestando lentamente los conceptos actuales de enfermedad socio-sanitaria y de tratamiento integral sociosanitario que incluye todos los aspectos del binomio enfermo-cuidador y que todavía, desgraciadamente, no han llegado a su desarrollo óptimo. Esta revolución social de la atención sanitaria desde el primer momento se ve totalmente sobrepasada por los objetivos que tiene que alcanzar, y concientes de ello, los representantes de los familiares y de la sociedad que junto a los responsables de la Sanidad tratan de establecer un operativo eficaz para solucionar el problema, deciden organizarse en Movimientos de Autoayuda (Asociaciones de Familiares) con el doble fin de apoyarse entre sí y plantear demandas conjuntas ante los poderes

públicos y los agentes sociales para solucionar este enorme problema socio-sanitario. En los últimos treinta años, la OMS ha venido insistiendo cada vez más en el aspecto social de la Medicina, especialmente en el campo de las enfermedades mentales, sobresaliendo entre ellas la Enfermedad de Alzheimer (participación de los enfermos/ familiares en la planificación sanitaria; declaración de enfermedad de enfoque y tratamiento socio-sanitario; necesidad de aumentar la formación de especialistas en enfermedades mentales; desarrollo de campañas y programas de salud mental donde ocupa un lugar muy destacado la psicogeriatría y la Enfermedad de Alzheimer; discapacidad mental; etc). Como reconoce la OMS (G.H. Brandtland; Editorial: la Salud Mental en el siglo XXI. Boletín OMS 2000, 78:411) *“La demencia es uno de los mayores problemas de salud pública. Las enfermedades mentales adquieren de repente una mucha mayor dimensión. Pueden no ser mortales de por sí, pero provocan discapacidades prolongadas con el aumento de la esperanza de vida, el cuerpo a menudo resiste mejor que la mente. Esto se manifiesta en la enfermedad de Alzheimer y otros tipos de demencia ... muchas sociedades y comunidades que habitualmente apoyaban a sus miembros más necesitados a través de los vínculos familiares y sociales ahora tienen muchos más problemas para hacerlo”*. Responder al reto de atender a estos enfermos y solucionar el problema es la única concepción admisible de la Enfermedad de Alzheimer en este momento.

TEORÍAS SOBRE EL ALZHEIMER

Nace la enfermedad de Alzheimer en una época en donde todavía el diagnóstico, el tratamiento y el conocimiento de las enfermedades eran más empíricos que científicos. Las investigaciones sobre las causas de las enfermedades no se relacionaban estrechamente con la práctica médica y quedaban muy relegadas a ámbitos científicos muy reducidos, siendo más frecuentes los enormes debates sobre causas, síntomas o tratamientos en los congresos científicos, revistas especializadas y sesiones de diversas instituciones que muchas veces no aportaban nada ni a la Ciencia en general ni a la Medicina en particular. La primera concepción de Alzheimer sobre su enfermedad y la de los sabios de los años 20, 30 y 40, era que se trataba de un proceso de envejecimiento del cerebro, variando entre ellos (incluso para el mismo autor en diferentes escritos) el grado de diferencia con el envejecimiento normal, tal como se refirió más arriba, la forma y evolución de la patología degenerativa y la sintomatología. Todas estas ideas y datos, generalmente dispersos, se concentran entre 1945 y 1960 en las primeras líneas de investigación llevadas a cabo por equipos que alcanzan gran relieve a escala mundial. Se va perfilando la EA como una neurodegeneración que causa demencia, en la que existen acumulaciones de material patológico y pérdida neuronal, con alteraciones selectivas de los circuitos neuronales en regiones importantes para las funciones cognitivas. Gajdusek inicia el estudio sistemático de las enfermedades con acumulación de proteínas insolubles fibrilares, neurotóxicas y de configuración beta (el amiloide de la EA es su prototipo), a las que denomina “betafibrilosis”, y que producen demencia en una gran proporción. Sus estudios en 1957 sobre el “Kuru”, una demencia transmisible por canibalismo existente en las islas de Papúa- Nueva Guinea, le valen el premio Nobel en 1976. Años después, la mayoría de estas enfermedades producidas por acumulación de pro-



Dibujos de Perusini (colaborador de Alzheimer) sobre las placas seniles, en la parte superior, y esquemas de Alzheimer sobre ovillos neurofibrilares, en la parte inferior.

teínas de altos pesos moleculares, denominadas priones más modernamente por el premio Nobel Prusiner, se separan de la EA y forman un grupo (encefalopatías espongiiformes transmisibles) de gran interés científico y social (recuérdese el “mal de las vacas locas”) cuya patogenia puede no estar tan lejos de la enfermedad de Alzheimer aunque ésta no es transmisible.

La década de los sesenta quizás tienen su mayor importancia por introducir nuevas tecnologías (microscopía electrónica, histoquímica, bioquímica) en los estudios en humanos y en posibles modelos de Alzheimer que por sus resultados, ya que los primeros estudios muestran alteraciones en casi todos los sistemas neuronales estudiados (Tabla III). En las décadas posteriores análisis más pormenorizados van a permitir definir líneas de investigación que nos van llevando a la resolución de la Enfermedad de Alzheimer. En el campo clínico ya se empiezan a desarrollar pruebas neuropsicológicas de diagnóstico, aunque no sea hasta 1980 cuando la 3ª revisión del Diagnóstico Estadístico Mental de la Asociación Americana de Psiquiatría (DSM-III) incluya la Enfermedad de Alzheimer como causa de demencia asociada a la edad, y hasta 1993 y 1994 cuando la 10ª Clasificación Internacional de las enfermedades de la OMS (CIE-10) y cuando la DSM-IV, respectivamente, den las definiciones de la enfermedad y los criterios de diagnóstico. Sir Martin Roth, uno de los padres de la enfermedad, es decisivo cuando correlaciona la intensidad de la patología con la sintomatología clínica y define los tipos de demencia, unificando como Alzheimer la demencia con determinadas características, sea senil o pre-senil, y separándola de otras demencias orgánicas (1966-1968). En la década de los 70 se inician los estudios sobre la disfunción colinérgica que se concretarían en la teoría colinérgica de la Enfermedad de Alzheimer, que ha sido, y sigue siendo, la gran base científica para el desarrollo de los primeros tratamientos etiológicos, los anticolinesterásicos.

Aunque se conocían desde los años 20-30 formas de Alzheimer hereditarias que no habían recibido ninguna atención especial, es en las décadas de los 80 y los 90 cuando se producen descubrimientos trascendentes en la historia de la EA. Estos hallazgos podemos considerarlos en dos capítulos íntimamente relacionados pero diferentes por sus implicaciones: a) el descubrimiento de genes relacionados con el padecimiento de la EA y b) la descripción de proteínas implicadas en la EA, sus vías metabólicas y los factores celulares y moleculares que regulan su metabolismo fisiológico o patológico. Por un lado se encuentran isoformas de genes relacionados con la EA, claramente dominantes en la EA familiar (es decir, existen familias con alteraciones genéticas cuyos miembros padecen siempre EA caso de vivir suficientes años – menos del 0,5% de casos, todos ellos ya conocidos) y recesivos o no dominantes en la enfermedad de Alzheimer esporádica (es decir, los casos aislados que aparecen en muchas familias). Estos últimos causaron grandes problemas éticos y socio-sanitarios hasta que Organismos Internacionales competentes determinaran restricciones en la práctica de análisis genéticos predictivos por no aportan soluciones y sí problemas importantes. La cuestión es que se descubrió que determinadas isoformas de esos genes, especialmente el de la apolipoproteína E4 (APOE4), son agentes que aumentan la susceptibilidad de padecer la enfermedad de Alzheimer, pero sin saber si se va a padecer, ni cómo, ni cuando, necesiándose de otros factores externos/internos para propiciar la EA. Aunque ahora sabemos que esto ocurre con muchísimas enfermedades (cancer, diabetes, hipertensión, etc.), el desconocimiento de los factores que desencadenan la EA en sujetos susceptibles (susceptibilidad que se hereda), desgraciadamente sigue siendo fuente de graves problemas personales, familiares y sociales. El otro aspecto de esta cuestión, que está produciendo importantes avances, ha sido la de poner de manifiesto que determinadas proteínas producidas por estos genes, APP, presenilinas, ubiquitina, apolipoproteína E, etc., por diversos mecanismos, son las responsables de las alteraciones neuropatológicas de la EA. El primer gen descubierto implicado en la EA estaba en el cromosoma 21 y producía un exceso de APP (proteína precursora del amiloide). Se consideró en un principio que esta proteína era la causante de la EA porque sólo se formaba en esos enfermos, pero luego se comprobó que la APP era una proteína que existía en todas las células, de todos los seres, desde los unicelulares. Lo patológico es que se favorece una vía metabólica “amiloidogénica” en la EA, cuando ésta es muy poco operativa en los casos normales incluso en la ancianidad y en todos los individuos con EA esporádica hasta la ancianidad, cuando se manifiesta la acumulación de amiloide en cerebro (este hecho no ocurre nunca en otros mamíferos). Muchos factores, entre ellos otras proteínas como la APOE4 favorecen la amiloidogénesis y la acumulación de la forma patológica de la proteína tau en los ovillos fibrilares intraneuronales, y cientos de laboratorios en el mundo trabajan para ver cual es la secuencia de alteraciones (“cascada de alteraciones patológicas”) que conducen de la estructura proteica funcional normal a la estructura disfuncional patológica de la EA. En este sentido es muy importante llegar a saber, y en ello se investiga actualmente, como un proceso sistémico (la predisposición genética afectaría a todas las células del organismo, no sólo a las neuronas), que pasa inadvertido durante décadas, se empieza a desarrollar só-

lo en el cerebro, y más específicamente en ciertas regiones del cerebro, teniendo una progresión espacial (comienza en el cerebro basal y se propaga lentamente por todos los tipos de cortezas cerebrales; estadios definidos por Braak y Braak, 1991 y 1995) y otra temporal conforme se agrava la enfermedad. En el deterioro del cerebro ocurren muchas alteraciones (muerte de unas neuronas y deterioro de otras, acumulación de diversas sustancias neurotóxicas, alteraciones en las células gliales y los vasos sanguíneos) y se ponen en marcha mecanismos aberrantes que producen disminución de factores tróficos necesarios para el mantenimiento de las neuronas, aumento de factores de muerte neuronal (citoquinas y quimioquinas que son fundamentales en lo que se ha denominado respuesta neuroinflamatoria), aumento de la apoptosis o muerte celular programada, aumento de la formación de radicales libres (estrés oxidativo) formación de sustancias neurotóxicas, etc. La pañoia de sustancias y procesos patológicos es muy amplia, difícil de analizar, pero con muchas posibilidades de encontrar dianas terapéuticas que yugulen la progresión del Alzheimer.

Una cuestión que cada vez se pone de manifiesto con mayor claridad en la EA es el hecho de que, bajo esta denominación, estamos agrupando, por falta de conocimiento y de capacidad diagnóstica, muchos procesos patológicos que cursan con demencia al final de la vida. Quizás ir aislando cada uno de ellos (como ocurrió hace años con las encefalopatías espongiiformes o modernamente con la demencia frontotemporal) sea un paso obligado para definir la patología y propiciar tratamientos específicos.

DEL TRATAMIENTO SINTOMÁTICO

AL TRATAMIENTO INTEGRAL

SOCIO-SANITARIO

Auguste D., el primer caso de Alzheimer, sólo fue tratado con fisioterapia (baños, etc.). Los dementes con Alzheimer, hasta la irrupción de la farmacología en la psiquiatría, no tenían ningún tratamiento específico, y cuando éste se inicia es totalmente sintomático (sedantes, antipsicóticos, etc.) Realmente esto sigue siendo así hasta hace pocos años, especialmente cuando los estudios preclínicos y clínicos que desarrollan la teoría colinérgica finalizan poniendo en el mercado los anticolinesterásicos, primera medicación específica para la EA, para intentar mantener la vida media del escaso neurotransmisor acetilcolina que se produce en el cerebro. El primer medicamento, tacrina, era muy neurotóxico, pero los de segunda generación son bien tolerados. Pero sus efectos no han respondido a las esperanzas puestas en ellos (quizás sólo enlentecan el proceso unos meses), aunque algunos de los más recientes tienen mayores efectos ya que actúan simultáneamente sobre receptores nicotínicos cerebrales. Muchos laboratorios buscan otros tipos de medicamentos colinérgicos para paliar el déficit de este neurotransmisor (especialmente estimulando distintos tipos de receptores cerebrales sin activar los dañinos receptores nicotínicos en el sistema cardiovascular). También se intenta contrarrestar el posible efecto neurotóxico del neurotransmisor glutamato mediante bloqueadores de otros receptores (la memantina bloquea de receptores denominadas NMDA). Los resultados de los estudios de los últimos años han desarrollado muchas líneas de po-

sible actuación farmacológica: inducción de factores tróficos; bloqueo de citoquinas; regulación del metabolismo de la Proteína Precursora Amiloide para que no se produzca beta-amiloide insoluble o que si éste se produce, que no se acumule o se elimine por las células gliales; bloqueo de los sistemas de muerte celular programada; antioxidantes de acción cerebral; etc. Más de mil sustancias están en estudios preclínicos, pero los problemas para su aplicación son muy complejos, debiendo probablemente recurrir no solo a los fármacos sino a tecnologías novedosas para su aplicación. Por ejemplo, podemos detener la muerte neuronal o aumentar los factores tróficos, pero ¿cómo hacer que esto mejore el Alzheimer sin favorecer el cáncer para cuya defensa el organismo provoca la muerte de posibles células cancerígenas y les retira los factores de crecimiento para que no proliferen?. Posibles vías de tratamiento serían el empleo de implantes celulares y/o de genes que corrigieran en los sitios específicos los desequilibrios en la síntesis de sustancias necesarias (neurotransmisores, factores tróficos, etc.). Las "vacunas" (denominadas así porque previenen la formación de amiloide tras inoculación de amiloide sintético, pero cuyo mecanismo de acción es desconocido y, probablemente, diferente al de las vacunas clásicas) que se diseñaron hace pocos años y que fueron tan ansiosamente recibidas que pasaron a ensayo clínico sin haber cubierto las fases preclínicas obligatorias, se mostraron lesivas a los pocos meses del ensayo y fue prohibido su uso clínico. Habrá de esclarecerse su mecanismo de acción para aprovechar los posibles efectos beneficiosos sin los efectos secundarios. Respecto a la terapia celular hay que decir que, contra lo parece desprenderse de muchas informaciones periodísticas cuando se habla de la capacidad de las "células madre" para solucionar el Alzheimer, sustituir neuronas deterioradas o desaparecidas para recomponer determinados circuitos cognoscitivos no parece que pueda ser posible, aunque podría ayudar en otros aspectos como implantar células que segreguen acetilcolina en ciertas regiones como se ensaya con células dopaminérgicas en la enfermedad de Parkinson.

Actualmente, junto a la búsqueda de nuevas dianas terapéuticas y de fármacos específicos para ellos, el tratamiento de la EA se ha reestructurado en base a nuevos conceptos. En primer lugar hay que considerar que el tratamiento debe ser integral y que debe abarcar tanto al enfermo como a su cuidador. No se puede considerar que se trata correctamente a un enfermo suministrando sólo determinados fármacos para controlar su sintomatología sino se cubren otras necesidades sanitarias y sociales tanto de ese enfermo como de su cuidador (atención domiciliaria, respiro para sobrellevar la carga del cuidador, instituciones sanitarias especializadas para discapacitados crónicos, readaptación del medio ambiente del enfermo-cuidador, ayuda económica suficiente, etc.). En segundo lugar hay que tener en cuenta que son muchas las herramientas que pueden ser empleadas; al lado de los tratamientos farmacológicos tenemos los no farmacológicos (fisioterapia, musicoterapia, terapias conductuales, etc.) que pueden proporcionar mejores resultados en muchos aspectos de la enfermedad. También hay que considerar que deben ser fijados nuevos objetivos de las terapias (por ejemplo, mantener la capacidad de llevar a cabo labores de la vida diaria con la creación de nuevos hábitos) pero con una especial indicación para cada enfermo y en cada fase de la progresión de su enfermedad. Así mismo, hay que tener en cuenta que en este contexto integral de tratamiento, tiene un

importante papel la información y la formación específica sobre la EA adecuada a cada colectivo (médicos, personal sanitario, personal de asistencia social, cuidadores). Las asociaciones de familiares deben y pueden hacer una labor fundamental tanto de ayuda al conjunto enfermo/cuidador como de formación de cuidadores y especialistas, mediación para recabar de los responsables de la política sanitaria y social los medios necesarios para atender a los afectados y optimizar los recursos disponibles entre los afectados.

Por último cabe señalar que los mayores esfuerzos de la investigación actual van dirigidos a la prevención de la enfermedad, pues son los que van a proporcionar los mayores éxitos en los próximos años. El deterioro neuronal es de difícil, por no decir imposible, solución, cuando ya se ha producido, pero si se retrasa o ententece el proceso neurodegenerativo, o se desarrollan mecanismos adaptativos neuronales para combatir el deterioro global, se podría llevar la EA a épocas de la vida casi inalcanzables por la especie humana. Tanto los tratamientos farmacológicos más modernos, como las terapias celulares o génicas, y las "vacunas" contra el amiloide buscan esto en la actualidad.

CONCLUSIONES

La evolución de la EA en sus primeros cien años ha sido muy importante y amplia, abarcando ámbitos muy diversos. En la actualidad esta enfermedad es uno de los problemas socio-sanitarios más importantes y una de las principales causas de muerte en todos los países. Esta enfermedad es más bien un síndrome, es decir, un conjunto de patologías que cursan finalmente con demencia y que sufren, conjuntamente, enfermo y cuidador y por extensión, toda la familia y la sociedad entera. Los avances sobre el conocimiento de la EA no han dado todavía sus frutos más deseados, pues no disponemos aún de tratamientos eficaces, preventivos o paliativos. Quizás nuestro mayor problema es que no conocemos cómo funciona el cerebro humano, ni cómo viven y se mantienen las neuronas, ni cual o cuales son las "cascadas de acontecimientos patológicos" que nos llevan de la estructura morfofuncional normal a la patológica. Mucho se conoce, mucho se investiga, pero todavía hay que intensificar los esfuerzos para tener los datos y las herramientas que permitan prevenir la degeneración de los circuitos neuronales o reparar las alteraciones iniciales de sus eslabones. Todavía quedarán años en que la EA siga siendo un gravísimo problema, y hay que esforzarse para solucionar los problemas de las actuales familias con enfermos de EA o de las que en un próximo futuro contarán con un miembro que desarrollará EA. No podemos permitir que, tal como ocurre ahora, estemos faltos de infraestructuras, especialistas (médicos, personal sanitario y de ayuda social), sistemas de asistencia sanitaria y social, etc., para atender a los enfermos de todo el mundo en las próximas décadas por haber infravalorado la "epidemia actual" que hace 20 años los estudios científicos indicaban que iba a producirse. Ahora conocemos bien no sólo el número de enfermos para las próximas décadas sino sus implicaciones de toda índole y habrá que tomar las medidas oportunas para que con la colaboración de todos (instituciones públicas y privadas, agentes sociales, profesionales y todos los miembros de la sociedad) se consiga vencer esta terrible enfermedad. ■

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

Acto celebrado en la Residencia de Estudiantes, Madrid, 23 de noviembre del año 2007



Un momento de la ceremonia de entrega de las Placas de Honor de la AEC.

Placa de Honor 2007 concedida a Deimos Space y el proyecto "Don Quijote"

No quiero hacer como los predicadores que, ante los fieles cumplidores del precepto dominical, claman contra los católicos que no van a misa.. Estoy seguro de que ninguno de los aquí presentes pertenecéis a esa clase de ciudadanos aviesos o escépticos o pretendidamente sociales que aluden a los gastos de investigación en el espacio recordando el hambre en el mundo. ¿Por qué gastar tanto dinero en ir a remotos espacios siderales cuando tan cerca de nosotros hay gente que

muere de hambre? Ya digo que entre vosotros, estoy seguro, no hay ninguno de estos especímenes justicieros. Pero es una queja que se oye no tan rara vez y que puede tener algún sentido si se cree que la aventura espacial no es más que un pugilato por el prestigio de las naciones o una carrera entre las grandes potencias para conseguir llegar antes que el otro al punto desde el que es posible destruirlo o chantajearlo con el terror. Evidentemente no es así, como ahora veremos.

Hoy hemos traído aquí, para distinguirla con nuestro reconocimiento y nuestro modesto galardón, a una empresa espacial española que tiene por nombre DEIMOS Space y quizá es, en este momento y en todo el mundo, la más capaz de mostrar que la tecnología espacial responde a unas necesidades apremiantes de la Humanidad, tan apremiantes que en algún momento se ostentaron alarmantemente angustiosas. Y es que DEIMOS Space, con su proyecto "Don Quijote", ha tomado la delantera a quienes en Rusia, en EEUU y en la propia Europa se han planteado responder a las alarmas cósmicas que desde hace tres años desigualmente preocupan.

En efecto, el 19 de junio del 2004, los astrónomos del Kit Peak National Observatory de Tucson (Arizona) comunicaron que un asteroide de 250 metros de diámetro, orbitando alrededor del Sol, pasaría en el año 2029 a 40.000 kilómetros de la

A la izquierda, Miguel Belló, presidente de Deimos Space acompañado por Juan Luis Cano, vicepresidente.



Los directivos de Deimos Space acompañados por Jesús Martín Tejedor, presidente de la AEC.

Tierra, es decir, a una distancia inferior a la que nos separa de la Luna. En 2036 se repetiría ese paso pero a menor distancia. También en el observatorio de Arecibo (Puerto Rico), el más potente del mundo, los astrónomos norteamericanos comunicaron en 2004 la existencia de este asteroide con una descripción semejante a la de Tucson. Ambos coincidían en la escasa probabilidad de que el asteroide, al que llamaron "Apophis", chocase con la Tierra, pero ambos también admitían la posibilidad de que una colisión con un pequeño asteroide alterase su rumbo y lo encaminara a nuestro planeta. Su impacto en el globo terráqueo equivaldría a una explosión de 20.000 bombas atómicas.

En octubre de 2006 fueron los rusos del observatorio de Pulkovo, de la Academia de Ciencias de Moscú, los que daban cuenta de la existencia del Apophis anunciando que podría impactar contra la Tierra en el año 2035. El diámetro que le atribuía era casi cuatro veces mayor que el de las descripciones norteamericanas. Era una perspectiva mucho más pavorosa, pero antes de un mes, el 2 de Noviembre, el académico ruso Boris Shustov anunciaba que el Apophis nunca chocaría contra la Tierra.

Frente a este optimismo ruso, la NASA reaccionó con cautela. Decidió esperar hasta el 2013 y hacer entonces un nuevo balance de la situación hasta ver si procedía enviar una misión para colocar un transmisor en el flanco del Apophis y perseguir su órbita. En todo caso, los americanos han venido pensando que siempre sería posible impactar contra el Apophis y trocearlo.

La Agencia Espacial Europea no aprobó esta última eventualidad. Trocear el asteroide sería incrementar peligrosamente una basura espacial que ya empieza a ser preocupante. Por eso, la Agencia Europea pensó en instrumentar dos cohetes: uno para impactar en el asteroide y desviarlo; y otro para acompañarle con un continuo seguimiento. A tal efecto, la Agencia Espacial Europea convocó un concurso para financiar estudios que diseñaran la misión más acertada. Se seleccionaron 6 proyectos cuyo estudio financiaría la Agencia. Uno de esos 6 proyectos financiados por la Agencia, fue escogido para su realización: era la misión "Don Quijote" presentada por la empresa DEIMOS Space.

Una razón importante para esta preferencia era la simplificación del proyecto que proponía DEIMOS. Los dos cohetes previstos por la Agencia Europea se fundían en uno solo que llevaría los dos instrumentos precisos: uno el encargado de impactar sobre el asteroide y desviarlo; el otro el destinado a seguirlo y vigilar su trayectoria. El ahorro de un cohete era un sensible ahorro presupuestario.



En España había 15 empresas espaciales y en total concursaron 23 empresas. Una de ellas, la española EADS, era de 30.000 operarios. ¿Qué empresa era esta DEIMOS que triunfaba tan espectacularmente?

DEIMOS la fundaron en el año 2001 un grupo de 23 ingenieros y graduados. Cada uno de ellos aportó modestamente el equivalente a la entrada de un piso, y ese fue todo su capital. Fijó su sede en el Parque Tecnológico de Tres Cantos y montó sus instalaciones operativas en el Polígono de Boecillo, de Valladolid. Un año más tarde, en el 2002, DEIMOS Space entró en el grupo Elecnor para intercambiar tecnología y recibir respaldo financiero.

En la actualidad DEIMOS Space cuenta con 230 técnicos que desarrollan importantes actividades en telecomunicaciones, movilidad, transporte, industria y medio ambiente. Forman parte del proyecto Galileo, el satélite europeo pensado para competir con el GPS americano. En 2006 facturaron más de 12 millones de euros.

El proyecto "Don Quijote" en su realización total no parece financieramente asequible a la Agencia Europea del Espacio. Pedro Duque, el astronauta español, temporalmente al frente de la empresa filial DEIMOS Imagin, declara que este gasto sería asumible por la economía española. En todo caso se ha creado el *know-how* suficiente para afrontar cualquier emergencia proveniente del Apophis o de cualquier otro asteroide que pudiera desviarse hacia la Tierra por un impacto no previsto. Estamos hablando del espacio y de una empresa española puntera en la ciencia y la tecnología espacial. Y hay 14 empresas españolas más trabajando en la ciencia y la tecnología del espacio. Me parece importante que los españoles lo sepan.

Jesús Martín Tejedor

Placa de Honor 2007 concedida a Francisco Fernández-Avilés Díaz y la investigación en cardiología

Francisco Fernández-Avilés Díaz nació en 1953, conguense de nacimiento y de convicción y madrileño de adopción. Se trasladó en su infancia a Madrid donde desarrolló toda su vida de estudiante en un ambiente no fácil (huérfano de padre muy pronto) y bajo los cuidados, consejos y cariño de su madre. Su vida profesional la desarrolló primero en Madrid y luego Valladolid donde se casó y tiene tres hijos. Desde el 1 de agosto de 2006 es Jefe de Servicio de Cardiología del Hospital General Universitario Gregorio Marañón de Madrid y Catedrático de Cardiología de la Universidad Complutense. Hasta llegar aquí un largo y esforzado camino, que resumo al final, en el que fue ayudado primero por su madre y luego por su mujer, Itziar, y sus tres hijos.

En el doctor Francisco Fernández-Avilés es imposible separar sus valores humanos y profesionales. No pasa mucho tiempo después de establecer contacto con él para darte cuenta de su enorme capacidad de trabajo y de resolución de los problemas, de su enorme dinamismo y capacidad de desarrollar iniciativas y nuevos proyectos, de su sagacidad investigadora y de su capacidad de liderazgo. Estas capacidades nunca las ha desarrollado de forma aislada en el plano profesional, sino que siempre lo hace desde una perspectiva humana fácilmente perceptible. Los que hemos trabajado con él siempre recordamos

su consejo sobre cual debería ser nuestra actitud ante el requerimiento de un compañero o un: "cuando alguien te pida algo, antes de saber cual es la cuestión tu respuesta debe ser SÍ". Su capacidad de trabajo siempre ha sido enorme, pero aún mayor es su capacidad de impulsar nuevos proyectos e iniciativas y de ilusionar a todo su entorno con ellos. Todos lo que hemos tenido la suerte de compartir con el nuestra profesión "temíamos" que volviera de las reuniones. Volvía, siempre con un nuevo y ambicioso proyecto de mejora de nuestra actividad clínica o de investigación que, seguro, era fruto de sus reflexiones propias en aviones y aeropuertos, de los que escuchaba y de su enorme capacidad de ver cuales eran los verdaderos caminos por lo que se iba a desarrollar el conocimiento y la práctica clínica.

Con estas cualidades es fácil explicarse el éxito de su carrera profesional. El profesor Fernández-Avilés obtuvo su Licenciatura y Doctorado en Medicina en la Universidad Complutense de Madrid. Es médico especialista en Cardiología por la misma Universidad y posee el título de Diplomado en Dirección y Gestión de Departamentos Médicos por la Escuela de Alta Dirección Empresarial (EADA) de Barcelona. Después de una larga etapa en el Hospital Universitario Gregorio Marañón de Madrid, en 1990 se trasladó a Valladolid donde ha ocupado la Jefatura de Servicio de Cardiología del Hospital Clínico-Universitario y ha sido Profesor Titular de Cardiología de la universidad vallisoletana. En 1998 creó el "Instituto de Ciencias del Corazón (ICICOR de Valladolid, del que ha sido director hasta su regreso a Madrid.

Su excelente trayectoria profesional en la gestión clínica y en la investigación ha sido ampliamente reconocida: Es *Fellow* de la Sociedad Europea de Cardiología y de la Sociedad Americana de Cardiología. Ha sido Editor-Jefe de la Revista Española de Cardiología y miembro de la Comité Ejecutivo de la Sociedad Española de Cardiología. Actualmente es Editor-Jefe de la revista *European Heart Journal Supplements* y forma parte del Comité Ejecutivo de la Sociedad Europea de Cardiología, en el que ha ocupado las posiciones de Consejero y Vice-Presidente. Es también Coordinador de la Red de Investigación Cooperativa Cardiovascular "RECAVA" del Instituto de Salud Carlos III (ISCiii) y Presidente de la Comisión Cardiovascular del Fondo de Investigación Sanitaria (FIS) del ISCiii. Además, participa como consejero de la Junta de Castilla y León, de la Consejería Madrileña y del Ministerio de Sanidad y Consumo en diferentes áreas de planificación de la actividad asistencial, docente e investigadora. Forma parte también de la Comisión Nacional de Especialidades Médicas del Consejo Nacional de Especialidades del Ministerio de Sanidad y Consumo. Recientemente ha sido nombrado representante de España en el Consejo Asesor sobre Investigación en Salud del Séptimo Programa Marco de la Unión Europea a propuesta del Ministerio Español de Sanidad y del Ministerio Español de Educación.

Francisco Fernández-Avilés Díaz, agradeciendo la entrega de la Placa de Honor.



Gonzalo Almendros recibiendo la Placa de Honor de manos de Jesús Martín Tejedor.

Sus contribuciones científicas desde 1972 se han centrado principalmente en isquemia y reperfusion miocárdica, cardiología intervencionista, síndrome coronario agudo y terapia celular de reparación cardiaca. En 1999, el profesor Fernández-Avilés creó el Grupo GRACIA (Grupo de Análisis de Cardiopatía Isquémica Aguda) con el fin de llevar a cabo estudios clínicos orientados a incrementar la eficacia del tratamiento en el infarto agudo de miocardio. Este grupo ha completado tres ensayos clínicos aleatorizados.



En 2001 el profesor Fernández-Avilés fundó el grupo TECAM (Terapia Celular Aplicada al Miocardio), compuesto por un equipo multidisciplinar de cardiólogos, hematólogos e investigadores básicos de diferentes centros del país, dirigidos desde "su hospital", el Hospital Gregorio Marañón de Madrid. Tras la publicación en 2004 de los resultados de un estudio sobre la capacidad regenerativa de las células madres procedentes de medula ósea en pacientes con infarto de miocardio reciente, este grupo ha creado las dos únicas unidades públicas españolas de producción celular y está desarrollando varios programas de investigación dirigidos a estudiar la seguridad y la eficacia de la terapia celular en diversas patologías cardíacas. Asimismo, este grupo organiza un simposio internacional sobre terapia celular que se ha convertido en referente mundial. Fruto de esta intensa y prolongada labor investigadora el Prof. Fernández-Avilés ha publicado más de 470 artículos en revistas científicas, abstracts y capítulos en libros y ha recibido múltiples premios y reconocimientos a lo largo de su carrera profesional. Destaca entre ellos la "Orden del Mérito Civil de Sanidad" y "el premio Castilla León de Investigación Científica y Técnica 2006"

Parecería que todo lo mencionado previamente abocase al premiado a una vida más tranquila y placentera, pero todo lo contrario. En agosto del 2006 el doctor Fernández-Avilés decidió regresar al Hospital Gregorio Marañón de Madrid como jefe de servicio de cardiología. Estos 14 meses han sido un "no parar" en el quehacer diario, el diseño y la invención se ha transformado en trabajo asistencial y organización, todo ello respetando la premisa de toda su vida "la asistencia al enfermo". Asimismo, ha vivido el largo camino de preparar una oposición a catedrático. Sin embargo, ambas cosas han merecido la pena.

Pedro Luis Sánchez Fernández

Placa de Honor 2007 concedida a Gonzalo Almendros Martín o la bioquímica del suelo

En mi parroquia hay un cura que predica bien, yo diría incluso que muy bien, pero tiene la costumbre de increpar a los sabios y científicos cuando alude a la soberbia intelectual del mundo, o sea esa cosa intermedia entre el demonio y la carne con los que forma una trilogía que no todos los presentes seremos capaces de caracterizar e identificar. Después de conocer a Gonzalo Almendros he concebido el peregrino propósito de presentarlo al cura de referencia para decirle: "ahí tiene Vd. un sabio y un científico de cuerpo entero y, si me demuestra Vd. que es un soberbio, le pagaré un chocolate con picatostes todas las tardes de su vida".

Quizá no sea del todo honrada esta iniciativa mía, porque Gonzalo Almendros o Gonzalos Almendros tan sencillos, tan franciscanos y tan listos, no creo que se den en número suficiente como para eximir a los científicos de aquel ascético apotegma acusatorio que dice: "la Ciencia hincha". Gonzalo es un hombre de una sencillez excepcional, de una humildad edificante. Y sin embargo no sé si hacemos bien en proclamarlo, distinguirlo y darlo a conocer porque su caso puede producir un efecto deletéreo entre los responsables de la política científica de nuestro país. Voy a explicar por qué.

Gonzalo terminó en Madrid, de donde es natural, sus carreras de Zoología y de Botánica, con premio extraordinario en ambas y con el número 1. Antes de graduarse, haciendo su último año de carrera cayó una tarde por el antiguo edificio de Edafología del CSIC, casi contiguo a la Residencia en la que en este momento nos encontramos. Venía a visitar a un su ex



Los homenajeados acompañados del presidente de la AEC.

- profesor de Edafología a la sazón Profesor de Investigación del CSIC. Llegó de visita y se quedó... ¿Saben hasta cuándo? Hasta ahora. En ese último año hizo una tesina de licenciatura sobre las fracciones orgánicas de los suelos: descripción de los distintos tipos y proporciones en los diferentes suelos e intento de explicación de esa variabilidad. Terminó la carrera y estuvo un año trabajando en Edafología. ¿Saben con cuánta ayuda económica o con qué beca? Con ninguna. Después comenzó su tesis sobre las turberas españolas: origen, fertilidad potencial, y características de la materia orgánica coloidal, es decir sobre los ácidos húmicos, que serán objeto de su atención durante casi toda su vida. Al terminar su tesis doctoral tuvo tres becas post-doctorales de tres años. Y a continuación vino su ingreso en el CSIC como *Colaborador Científico*.

En esos años postdoctorales publicó innumerables artículos sobre el efecto de los incendios forestales sobre los suelos, el impacto de las repoblaciones con coníferas sobre el bosque mediterráneo, las modificaciones en la materia orgánica del suelo a consecuencia de la deforestación y el cultivo etc. Fue un trabajo inmenso que llevó a cabo sin financiación alguna, muestreando suelos españoles, visitando Centros de Madrid y de otras provincias, dinamizando a investigadores de esas provincias que tenían conocimientos y aparataje idóneo y estableciendo relaciones científicas que duran todavía.

¿Caen Vds. en la cuenta de por qué es peligroso hablar de este hombre, de por qué su ejemplo puede ser deletéreo? Sólo nos falta que nuestros responsables políticos se enteren de que alguien ha sido capaz de investigar fecundísimamente y sin dinero.

Tuvo también protagonismo en proyectos de investigación sobre residuos agrícolas como material de partida para la elaboración de abonos o *compost*, la transformación de los lodos y basuras urbanas, la estructura de los ácidos "húmicos" de estos residuos transformados, el efecto de la materia orgánica sobre la estabilidad estructural, la retención de agua y la nutrición vegetal y estudió la productividad de los suelos en experimentos de campo y en invernaderos.

Entre 1985 y 1980 fomentó los contactos y colaboraciones con centros españoles: el Instituto de Geología Económica del CSIC, el Centro de Investigaciones Biológicas, y el Instituto de Recursos Naturales de Sevilla donde contactó con Francisco Martín y con Francisco Javier González Vila introductores en España de la caracterización molecular de las sustancias húmicas. En esos años profundizó en la cromatología de gases, espectrometría de masas y resonancia magnética de carbono trece y nitrógeno quince que al regresar a Madrid se aplicaban a suelos y ácidos húmicos de varia procedencia, ensayando nue-

vas técnicas para degradar su estructura y valorar sus grupos funcionales. Estas nuevas experiencias se potenciaron con sus colaboraciones con el Instituto de Química Orgánica de Madrid, donde encontró grandes facilidades para trabajar sobre la química de compuestos orgánicos complejos y sus reacciones.

El atento oidor habrá reparado en que estos sus años fecundos de trabajo discurren en el CSIC o en centros españoles, uno de ellos en Sevilla. Nada de ir al extranjero, y cuando se desplaza a Sevilla es a sus expensas y sin financiación alguna. Empieza a parecerme imperdonable poner a este hombre sobre el celemin. Es muy mal ejemplo para los politólogos de la Ciencia

Entre 1990 y 2000 produce una actividad que trasciende a Europa (Ratisbona, Munich, Gran Bretaña, Francia, Holanda, Italia y Rusia) a América (Colombia y Méjico) al sur de África (países entre Tanzania y Suráfrica).

A partir del 2000 cuenta ya con personal formado y se amplía la actividad. En la revista *Soil Biology & Biochemistry* y en otras publicaciones internacionales publica 200 artículos. Se extiende a la Fitopatología en colaboración con la doctora María Arias y el doctor Antonio Bello. Encuentra reconocimiento en el CSIC donde pasa a ser el Profesor de Investigación más joven del Organismo.

La aportación del profesor Almendros es de conjunto. Los temas que ha trabajado son de aplicación a los suelos forestales o cultivados y los conocimientos alumbrados deberían contribuir a que la acción del hombre sobre el medio natural le permitiese la extracción suficiente de recursos.

En los últimos cien años las ciencias del suelo han progresado sensiblemente, pero a pesar de todo la composición y propiedades de la materia orgánica siguen siendo en su mayor parte desconocidas. Es preciso continuar y profundizar en la comprensión de la evolución de las comunidades de organismos para obtener bienes y servicios de los ecosistemas. Gonzalo Almendros ha hecho una aportación importantísima a la ciencia del suelo o, lo que es lo mismo, a la aventura de nuestra subsistencia. Qué contraste tan fuerte con su sencillez, con su humildad. Ahora lo vais a conocer.

Jesús Martín Tejedor

Placa de Honor 2007 concedida a José Esquinas Alcázar y la biodiversidad

Nunca pensé que el tema de la biodiversidad pudiera ser un asunto tan fascinante. Y cuando paseaba por la Via delle Terme di Caracalla, en Roma, y veía el edificio de FAO, tampoco imaginaba que este organismo era mucho más que una dependencia burocrática ocupada en aliviar el hambre en el mundo. Ni mucho menos sabía que en aquella sede internacional trabajaba un español, José Esquinas, llevando a cabo tareas trascendentales que en esta noche tendremos la inmensa satisfacción de reconocer y ensalzar.

Este español tiene una proyección internacional, porque a él se debe en buena parte la firma en 1983 del *Compromiso Internacional de Recursos Genéticos*, y en 2001 el *Tratado Internacional sobre Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura* redactado en el ámbito de la Conferencia de la FAO.

Han sido dos instrumentos fundamentales para afrontar a escala casi mundial el grave asunto de la biodiversidad. Grave porque nos va en ello la seguridad de nuestros recursos alimentarios y de nuestra agricultura; y grave porque se trata de enderezar un proceso que comenzó hace 10.000 años. En época remotísima la Humanidad utilizaba cerca de 8.000 especies de plantas para su alimentación. En la agricultura actual el elenco de especies utilizadas se limita a 150. Pero si atendemos a lo más usual, tendremos que decir que 12 especies vegetales y cinco animales proporcionan el 70% de las

José Esquinas Alcázar en un momento de su intervención tras la entrega de la Plaza de Honor.



calorías y de las proteínas de la alimentación humana. En realidad son el trigo, el maíz, el arroz y la patata el gran sustento de la Humanidad.

Hemos perdido lastimosamente un colosal patrimonio genético que nos permitiría hacer frente a cambios medioambientales, plagas y pandemias mediante el uso de variedades diversas y exentas de morbilidad. Hoy en día los posibles achaques medioambientales ligados al presunto cambio climático apuntan ya a una alarma insoslayable.

Un ejemplo ya clásico para ilustrar el tema de la biodiversidad es la famosa *hambre europea* particularmente trágica en Irlanda. Entre 1835 y 1840 apareció el hongo *Phytophthora infestans* que destruía todas las plantaciones de patatas. Casi dos millones de irlandeses murieron en dos o tres años, y otros varios millones hubieron de emigrar a EEUU. Se intentó combatir la plaga con todos los medios químicos, pero sin resultado alguno. Y alguien tuvo la feliz ocurrencia de ir a América, lugar de origen de la patata, para ver si allí existían variedades inmunes al *Phytophthora infestans*. Efectivamente, con cruzamientos genéticos de variedades peruanas, bolivianas y ecuatorianas se consiguió solucionar el problema.

Este es el campo en el que José Esquinas ha hecho aportaciones que le hacen benemérito de la Humanidad. Como todos los grandes hombres presenta una circunstancia vocacionante y movilizadora. Para entenderla me ayuda recordar el caso del eminente escritor William Faulkner, sureño de Mississippi, que se identificaba a sí mismo como "un granjero al que le gusta contar historias" (*I'm just a farmer who likes to tell stories*). Y es que Esquinas, nacido en Ciudad Real, donde hizo el bachillerato, y graduado de ingeniero agrónomo en la Politécnica de Madrid, fue trabajador agrario en las fincas familiares durante todos los veranos. Su padre quiso evitar que fuera "el Príncipe que todo lo aprendió en los libros". Y quiso que experimentara el duro trabajo de la tierra desde unas jornadas que empezaban cuando su padre, a las cinco de la madrugada, ponía en marcha los motores para el riego. Yo no sé si en antropología o en pedagogía existe una clasificación de las personas que distingue entre los que aprenden textos escritos que identifican como textos y los que a través de las lecciones amplían su percepción de la realidad. Para mí es evidente que existen estas dos clases de talentos y que esta diferencia marca sensi-

blemente los resultados biográficos. Evidentemente Esquinas es de estos últimos. Y él sabe que esto tiene que agradecerse a su padre.

Entre sus tareas y experiencias veraniegas hubo algo que llamó poderosamente su atención. Fue la fascinante variedad de los melones que cultivaba: color, formas, tamaños, gusto... De esa fascinación surgió su tesis doctoral. Viajes por toda España, miles de cartas a maestros, a alcaldes, a comandancias de la Guardia Civil le permitieron obtener semillas de más de 370 variedades españolas de melones. Plantarlas y cuidarlas en la finca *La Pavera*, próxima a Aranjuez, era un trabajo que necesitaba ayuda de algunos estudiantes de cuyo reclutamiento se encargó, desde la radio, Encarna Sánchez, quien le bautizó como *Pepe el de los melones*. Era ya doctor en ingeniería agronómica cuando ciertos impulsos democráticos en pleno franquismo le aconsejaron "tomar el olivo" y plantarse en la Universidad de California, con una beca del Banco Mundial. En el *campus* Davis de aquella Universidad hizo otro doctorado, esta vez en genética. De melones, por supuesto. Hizo el árbol filogenético de muchas variedades españolas y descubrió que en general proceden de la India.

Vuelto a España en los años de la Transición se incorporó a la Politécnica para dar clases y trabajó como investigador en el INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas). Muy pronto recaló en la FAO, al principio para seis meses, pero desde 1978 en calidad de Funcionario Internacional de Naciones Unidas.



José Esquinas Alcázar.

Raúl Sendic, presidente de ALUR y vicepresidente de ANCAP, recibiendo la Placa de Honor.

Esquinas tiene un amplio currículum, por así decirlo, reglamentario. Ya saben... cursos y conferencias en Universidades europeas, iberoamericanas, norteamericanas. Ha publicado artículos y libros muy numerosos. Ha dirigido muchos proyectos de investigación en sus temas de genética y desarrollo agrario. Pero su obra principal, la que le sitúa ya en la Historia, fue su trabajo de mentalización de los políticos del mundo para la creación de instrumentos institucionales con perspectivas jurídicas capaces de garantizar la existencia de bancos de *germoplasma* que recojan y conserven el patrimonio genético. El más importante de estos instrumentos es el *Tratado Internacional de Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura*, firmado en 2001.



Es un texto donde confluyen una sutil conciencia ética y una sabia eficacia, porque no solo se reconocen en él los derechos tecnológicos o de invención en la restauración y mejora de variedades, los llamados *derechos del obtentor*, sino que se reconocen también los *derechos del agricultor* como verdadero e imprescindible protagonista de la biodiversidad. Decía lo de conciencia ética, es decir, resplandeciente de espíritu social, porque se defienden los derechos del agricultor, pero decía también lo de sutil y lo de la sabia eficacia, porque este es un terreno donde la justicia social es eminentemente práctica para todos pero especialmente para las naciones desarrolladas. Por que se da la circunstancia de que los grandes depósitos de la diversidad biológica están en los territorios tropicales o subtropicales, o sea, en las naciones pobres. Esquinas nos convence de que hay que ser virtuosos, porque rara vez será más premiada la virtud.

Jesús Martín Tejedor

Placa de Honor 2007 concedida a Alcoholes de Uruguay y su proyecto Sucroalcoholero

La empresa Alcoholes de Uruguay (ALUR) a la que hoy concedemos nuestra Placa de Honor, está desarrollando en Bella Unión el proyecto Sucroalcoholero, que tiene el propósito de reestructurar las fuentes energéticas de este país mediante la progresiva sustitución de combustibles fósiles por agrocombustibles. Con ello se pretende, conseguir la soberanía energética de Uruguay, evitando buena parte de los gastos inherentes a las importaciones de petróleo.

Quizá cause sorpresa que nuestra Asociación escoja esta opción honorífica, porque precisamente en estos días, aquí en Es-

paña, se comprueba que los precios del pan y de las carnes están subiendo exageradamente y se dice que ello se debe a que los productos agrícolas están pasando a ser materia prima para la fabricación de carburantes. Estudios solventes demuestran que estas alteraciones de los precios no se deben a la incipiente industria bioenergética, sino que ésta ha servido de pretexto para estas falsas especulaciones.

Hay otro motivo de sorpresa o quizá de confusión en el hecho de que nuestra Placa de Honor distinga a una empresa, Alcoholes del Uruguay, y a su proyecto Sucroalcoholero, cuando estas derivas de los frutos agrícolas hacia la producción de energías parecen atender más a las exigencias del capitalismo que al sustento alimentario del pueblo. Y si esto es así, ¿cómo se explica que la figura descollante en todo este programa sea precisamente Raúl Sendic, el hijo del Raúl Sendic caudillo de los Tupamaros, que siempre se ha considerado continuador de la obra de su padre?

Si se conoce la reciente historia de Uruguay, se sabrá también que Raúl Sendic padre, al salir de sus doce años de cárcel, en 1984, y próximo ya a su fallecimiento en París, formuló un plan para la suspensión de la lucha armada y para afrontar problemas económicos y sociales dentro de la más estricta legalidad.

Pues bien, el proyecto Sucroalcoholero, que impulsa Raúl Sendic hijo, es una realización económica, social y ecológica. Se trata de obtener carburantes a partir de la agricultura, disminuyendo sustancialmente la factura del petróleo importado, además de potenciar la agricultura para fines alimentarios. Esto es una actividad económica. Se promueve además la creación de puestos de trabajo tanto en jornales agrarios como en operarios de las nuevas instalaciones industriales. Esto es ac-

tividad social. Y se trata además de combatir el impacto sobre el medio ambiente que producen los combustibles fósiles. Esto es actividad ecológica. Una consideración nada desdeñable, a efectos de evitar suspicacias, es que el proyecto Sucroalcoholero no implica una desviación de la producción agraria hacia usos que alguien podría considerar objetables. Afortunadamente la tiranía de los datos y de los guarismos nos demuestra que no se ha desviado lo existente, sino que se ha restaurado y recompuesto lo que casi había dejado de existir.

En efecto, la caña de azúcar (sobre la que se asienta el proyecto Sucroalcoholero) se cultivaba tradicionalmente en la zona de *Bella Unión*, al noroeste del país. Eran 10.000 hectáreas de cultivo, con 2.000 jornaleros agrarios y 700 trabajadores en los ingenios industriales. A partir de 1992 la competencia del azúcar brasileño ocasionó la quiebra de la producción azucarera. Las hectáreas cultivadas se redujeron a menos de 2.000, los trabajadores agrarios bajaron a 900, y los operarios de los ingenios se quedaron en 480, pero además estos últimos con sólo dos meses de ocupación al año.

Pues bien, la primera fase del proyecto Sucroalcoholero comenzó en enero de 2006 y hasta el presente ha restaurado el cultivo de caña hasta las 6800 hectáreas y ha incrementado la ocupación hasta los 2.750 puestos de trabajo. Ha aumentado el rendimiento hasta los 5.800 kilos de azúcar por hectárea. De momento el azúcar se destina al mercado interno, pero muy pronto se utilizará también para la producción de bioetanol. Este bioetanol se mezclará con el gasóleo producido por la AN-CAP (Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland) para disminuir las importaciones de crudo, así como la contaminación atmosférica.

Para el año 2008 se prevé aumentar a 12.000 el número de hectáreas azucareras y comenzar una diversificación industrial. Para ello se ha montado, junto a la destilería central de AN-CAP, una deshidratadora capaz de mezclar el etanol con gasolina. Esta instalación generará 500 puestos de trabajo en la industria y fomentará la creación de pequeñas empresas orientadas a la producción de fertilizantes o a la utilización de melazas. También se espera diversificar la base agrícola para la producción del etanol mediante cultivos de sorgo dulce y remolacha azucarera, y mediante la utilización de la paja de arroz, que hasta el presente no tenían aprovechamiento energético. Los cultivos oleaginosos de girasol y colza proporcionarán estimables aumentos bioenergéticos por su mezcla con el gasóleo. Se considera que las plantaciones de girasol y colza deben llegar a las 60.000 hectáreas.

Esta primera fase ha comportado también una dinamización y coordinación de las principales entidades ministeriales, bancarias y sindicales del país para alumbrar innovadores modelos de gestión participativa cuyo seguimiento se realiza a través de reuniones mensuales. A esta Asociación Española de Científicos concierne especialmente el trabajo de investigación agronómica sobre recursos genéticos, técnicas de manejo y discernimientos de biodiversidad que ha realizado el proyecto. Este trabajo de investigación científico-tecnológica se ha hecho con la cooperación de la Universidad de la República, del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y de técnicos independientes, y se ha propuesto crear un Centro de Investigación en Energías Alternativas.

Se espera que estos desarrollos agro-industriales obren una reactivación socio-económica en la mitad norte del país. Se espera reducir en un 4% la importación de petróleo y que el 5% del combustible producido por ANCAP sea biodiesel. Como se ve, en todas estas realizaciones actuales y futuras no se produce una reducción de la agricultura alimentaria, sino un aumento de la misma dentro de una reactivación general del campo.

El testamento de Raúl Sendic padre ha empezado a cumplirse y su hijo, aquí presente, no es ajeno a todo ello. Quiera Dios que en nuestra España se genere un modelo similar. ■

Jesús Martín Tejedor

Jesús Martín Tejedor.





El pasado



es un prólogo

Para buscar los orígenes de Inasmet hay que remontarse a 1962, cuando un grupo de técnicos y empresarios fundó la Asociación Técnica de Fundidores de Gipuzkoa. Eran otros tiempos, otros recursos, pero lo que no ha cambiado con el tiempo es la ilusión por ser eficaces y dar respuesta a la empresa para que sea más competitiva.

Desde entonces hemos crecido en servicio, recursos, actividad y organización, hemos crecido como empresa. Sin embargo, no queremos hablar del pasado sino de las nuevas tecnologías que estamos desarrollando para que nuestros clientes lideren la innovación en cada uno de los sectores en los que trabajan. Su futuro es el nuestro.

donde unos ven necesidades,

nosotros vemos soluciones

APORTAMOS CONOCIMIENTO

Aeroespacial . Civil y Arquitectura .
Energía y Procesos . Naval .



SENER

www.sener.es

Barcelona . Bilbao . Buenos Aires . Lisboa . Madrid . México D.F. . Valencia . Varsovia