

## EDITORIAL

*Este editorial ha sido elaborado con anterioridad e independencia del borrador del documento de la Comisión Consultiva de Reflexión para la fundación del Ente de Derecho Público "Consejo Superior de Investigaciones Científicas".*

Ya se han dado a conocer los contenidos del nuevo Plan Nacional de I + D, que contiene novedades buenas junto a reincidencias en achaques que quisiéramos ver corregidos. Así, por ejemplo se nos habla de una provisión de 4.170 millones de euros para financiar cuatro programas de Defensa: el helicóptero Tigre, los submarinos S-80, el buque Lly y el carro ligero Pizarro. El Ministerio de I + D proporcionará partidas importantes de esa financiación. Para los cuatro submarinos S-80 parece que su participación será del 50 ó 60 %. Para los 212 Pizarros será del 50 %. Se observa además que el buque LL se llevará del Ministerio de I + D un 80 ó un 90 %, ya que, al ser un prototipo, el grueso de su gasto se irá en la investigación tecnológica. Perfecto. ¿Pero en los otros tres proyectos, su también alto porcentaje de financiación se lo va a llevar la investigación tecnológica de los prototipos? ¿O es una financiación industrial presentada como gasto en I + D? Hay algo de bueno y esperanzador en esa necesidad de vestir como gasto de investigación – porque la UE mira y pondera – esas financiaciones industriales que tratan de cubrir nuestras vergüenzas. Porque si el Gobierno siente vergüenza ante sus socios europeos por su porcentaje del PIB dedicado a I + D, está ya en camino de llegar al arrepentimiento y, lo que es más importante, al propósito de enmienda y a la satisfacción de obra.

Hay un dato positivo en la nueva planificación de la I + D para los años 2004-2007: el Gobierno ha consultado a 1.500 investigadores, frente a los pequeños grupos de expertos cooptados desde no se sabe dónde por los anteriores responsables de los Planes Nacionales de I + D. En la medida en que este inmenso trabajo de consulta y discernimiento es mérito de Pedro Morenés, tenemos que confesar que no nos sorprende tal progreso. En esta revista dimos cuenta del acogimiento esperanzador con que Morenés recibió a la incipiente Confederación de Sociedades Científicas Españolas que le visitó para ofrecerle su colaboración. Comprendió del todo la necesidad de comunicación con la comunidad científica y ha hecho un notable esfuerzo para conocer el mayor número posible de pareceres de científicos competentes. Y hay que reconocer que las

prioridades marcadas por el nuevo Plan Nacional reflejan bastante fielmente las necesidades de nuestro país.

La pretensión de elevar al 2,77 % de la producción mundial los estudios científicos publicados por centros españoles revela el burocratismo o espíritu oficinesco en que se mueven nuestros planificadores de la Ciencia. Con frecuencia se invoca con orgullo el número de "papers" que publican nuestros científicos y su porcentaje en el cómputo mundial, pero se omite advertir que en esa posición de excelencia nos acompañan Portugal y Grecia, que ya sabemos cómo están en achaque de Ciencia. Aquí también hay que decir "no es eso, no es eso". Porque lo malo del asunto es que esa obsesión "paperista" se traslada a los evaluadores de méritos, y de estos a los propios investigadores que, para preparar sus ascensos y las gratificaciones del sistema, publican a troche y moche, con trabajos repetitivos o variaciones sobre lo mismo. Un solo artículo en toda una vida puede justificar la existencia de un investigador.

Tema capital es el del aumento de plazas de científico en el sistema público de I + D. Pues bien, en el nuevo Plan Nacional el Gobierno se compromete a dotar de plazas o contratos de investigador del sector público en número de 700 para el 2004 y 800 para el 2005. Sabemos que la obtención de esas plazas por parte de la Secretaría de Estado de I + D suele ser una batalla dura y penosa que es digna de todo agradecimiento, pero no nos queda más remedio que lamentar la manifiesta insuficiencia de tal crecimiento. Con esa cadencia de aumentos no vamos a ninguna parte. En nuestra anterior editorial, el que titulábamos "La Ciudad de la Ciencia", apuntábamos la necesidad de un Plan de Desarrollo de la plantilla científica que, en el caso del CSIC, por ejemplo, cifrábamos en 6.000 y en pocos años. Por primera vez en nuestra historia tenemos en este país un sistema Ciencia-Tecnología completo, con investigadores competentes en todos los campos, pero exiguo en su cuantía. Todos los nichos disciplinares tienen maestros capaces de asimilar, dirigir e integrar a un contingente de jóvenes investigadores postdoctorales, excelentes y contrastados pero sin situación profesional, cuyo número se estima próximo a 20.000. Es patético pensar que, en la actual España, sólo con dinero – lo demás ya lo tenemos – podríamos dar un salto cuantitativo en I + D que sería también cualitativo. ¿No dicen que tenemos sobrantes en el Presupuesto?

Excelente la idea no del todo nueva de insertar en las empresas, con programas del Ministerio, 300 científicos en 2004 y 350 en 2005. Y asimismo excelente el propósito de crear 500 plazas para Centros Tecnológicos y Pymes en 2004 y 550 en 2005. Pero uno y otro propósito no creemos que tenga todavía suficiente figura institucional y dibujo operativo. Esta nueva proyección del científico apremia a redactar y publicar un Estatuto Profesional del Investigador Científico, tarea a la que esta Asociación Española de Científicos se compromete a coadyuvar.

Asunto importante no sólo en sí, sino en sus consecuencias en el ánimo del Gobierno es la desazón que ocasiona al Gobierno el hecho de que las empresas españolas no acaban de despertar a la financiación de la investigación. Hasta nos atrevemos a afirmar, porque nos consta, que esta inhibición del empresariado es la que desanima al Gobierno para hacer mayores esfuerzos en la I + D. Se teme que una mayor intervención gubernamental en la financiación de la I + D acabaría por desnaturalizar el estado de la cuestión en un asunto en el que el Gobierno debe actuar desde el principio de subsidiariedad.

Cuando se trata de explicar la inhibición del empresariado en la financiación de la I + D, suele ser recurrente la alusión a la falta de estímulos gubernativos por la vía de la desgravación fiscal. Y es, a todas luces, una explicación que tiene su buena parte de verdad. ¿Pero dónde radica cabalmente el problema de la no desgravación fiscal de las empresas?

Frente a lo que muchos creen, no es un problema de legislación, porque la ley española en materia de desgravación empresarial por I + D es la más generosa del mundo. El problema radica en que, en la práctica administrativa, el proceso de ver reconocida una exención es laborioso, complejo, sujeto a informes y a evaluaciones que no sólo implican un tiempo de difícil encaje en la vertiginosidad del proceso productivo, sino que el expediente queda a la discrecionalidad del correspondiente órgano de Hacienda, cuyo celo recaudatorio le acucia a no considerar el requerimiento empresarial como verdadera investigación, o en su caso, como verdadera innovación. Tales valoraciones con frecuencia son arbitrarias y científicamente incompetentes, por lo que el empresario deja de contar con esa posibilidad legal.

Hay que decir, en honor a la verdad, que “los hombres de la casa” en Hacienda (un Ministerio técnico con raigambre, estabilidad y tradiciones internas) han heredado el recuerdo de no pocos empresarios pícaros que han utilizado falsamente las desgravaciones para aumentar su cuenta de resultados. A los hombres de Hacienda les queda un cierto reflejo automático contra los desgravadores, pero deben esforzarse en romper un círculo vicioso que es especialmente vicioso, si se tiene en cuenta que todo eso dificulta el necesario entendimiento entre el empresariado y la Administración. Bien recientemente, el presidente Aznar se ha referido a la escasez empresarial en gasto de I + D, y ha apuntado como so-

lución el uso de la desgravación fiscal, pero quizá convendría advertir al Presidente que el remedio de este mal no debe ir por vía legislativa - ya hemos dicho que la legislación española es la más generosa del mundo - sino por la mejora de la praxis administrativa.

En realidad, -quizá con la feliz excepción del CDTI- las relaciones del empresariado con la Administración son difíciles, porque se trata de interlocutores que pertenecen a dos mundos radicalmente diferentes. Ni el tiempo, ni la responsabilidad personal, ni el interés, ni el riesgo, ni los procedimientos y hábitos de trabajo son los mismos. Mucho tendría que cambiar la Administración para llegar a ser interlocutor fácil con el empresariado. Tanto que es mejor no fiar los remedios a la siempre invocada reforma de la Administración.

Esto puede resultar desazonante y oscurecedor del horizonte, pero - digámoslo una vez más - resulta interesante y esperanzador apelar a la documentación del propio partido en el Gobierno. Cuando en 1986 el Gobierno socialista presentó la Ley de Fomento y Coordinación de la I + D, el actual Partido Popular presentó y defendió en las Cortes una Ley alternativa que contemplaba precisamente el problema de la relación entre los agentes científicos (incluidos los empresarios interesados en la I + D) y la Administración. Dicho texto alternativo planteaba la creación de una Agencia Nacional de I + D como lugar de encuentro entre el Estado y los agentes científicos. Se trataba de una dependencia estatal con características de empresa a todos los efectos y sin las preceptivas ataduras de la Administración. Se copió literalmente la estructura institucional del Banco de España con su doble dimensión de ente público y, a la vez, privado. Tal Agencia Nacional de I + D debería ser pública para poder recibir fondos del Estado, pero al mismo tiempo debería ser privada en su funcionamiento para poder actuar sin ataduras administrativas y con el dinamismo de una empresa privada. Tampoco debería tener una radicación gubernamental, sino estatal, con dependencia directa de las Cortes, con nombramientos ajenos a los tiempos de las legislaturas, y sin más dependencia de la esfera política que la que se derivara del color de los escaños en las Cortes.

El Partido Popular tardó exactamente diez años en llegar al Poder, tras aprobarse la Ley de la Ciencia socialista. ¿En esos diez años se olvidó, a este respecto, de lo que dejó impreso en los diarios de sesiones de las Cortes? ¿Examinó esta posibilidad antes de lanzarse a la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología? ¿La tiene en cuenta ahora, cuando parece revivirse y sopesarse la conveniencia o no de que perviva este joven Ministerio? Nosotros nos atreveríamos a insinuarle al Gobierno que examinara esa posibilidad de la Agencia Nacional de I + D, que requiera una cierta audacia por su novedad, pero que constituye, a nuestro modo de ver, el único camino practicable para solucionar de una vez el problema de las relaciones entre el Estado y las empresas potencialmente interesadas en la investigación. ■



# 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.



**inasmet**

Mikeletegi Pasealekua, 2 Parque Tecnológico/Teknologi Parkes - E-20009 DONOSTIA/SAN SEBASTIAN  
Tel.: +34 943 00 37 00 - Fax: +34 943 003800 - [www.inasmet.es](http://www.inasmet.es)

**tecnalia**  
Parque Tecnológico

**Director:** Jesús Martín Tejedor

**Subdirector:** Juan León

**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:** Armando González-Posada

**Secretario de Organización:** Enrique Ruiz-Ayúcar

**Secretario de Actas:** Fernando García Carcedo

**Tesorero:** Ismael Buño Borde

**Vocales:** María Arias Delgado, Francisco Ayala Carcedo, Antonio Bello, José Luis Díez, José Luis Enríquez, Sebastián Medina, Felipe Orgaz, Jesús Rincón, Jaime Sánchez-Montero, Alfredo Tiemblo.

**Vocales suplentes:** Jesús Martínez Frías, Rosario Lunar, Luis Guasch Pereira, José María Gómez de Salazar, Marcial García Rojo.

**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](http://www.aecientificos.es)**

**Correo electrónico: [aecientificos@aecientificos.es](mailto:aecientificos@aecientificos.es)**

## INDICE

La planificación de la investigación científica a la luz de una cierta idea de España. (Primera parte). JESÚS MARTÍN TEJEDOR	5	Las Antenas de Espacio Lejano (DSA) de la Agencia Europea del Espacio (ESA). VALERIANO CLAROS	24
Carburos Metálicos dispone de tres laboratorios de gases especiales en la Península Ibérica. CARMEN ESQUIUS	11	La Investigación Medioambiental en España. JUAN JOSÉ IBÁÑEZ MARTÍ	30
Indicadores de Producción Científica sobre Desertificación en zonas de riesgo de la España peninsular. LUIS M. PLAZA	14	El futuro depende de nosotros. EDUARD SALVADOR SOLÉ	32
Proyecto de I+D para la conversión a etanol de mezclas de biomasa del cultivo de maíz y "Distiller Grain and Solubles" DGS. GERSON-SANTOS LEÓN, FRANCISCO RONDA, IÑAKI MIELGO IZA	20	La enfermedad de Alzheimer. El difícil equilibrio entre lo específico y lo genérico, lo posible y lo imposible. ADOLFO TOLEDANO	33
		El problema del libre albedrío. FRANCISCO J. RUBIA	41
		Placas de Honor	44



## PRIMERA PARTE

# La planificación de la investigación científica a la luz de una cierta idea de España

**AUTOR:** JESÚS MARTÍN TEJEDOR

## Primera Parte

1. La indefinición de España
2. Identidad cultural y proyecto colectivo
3. Identidad cultural y prestigio
4. Actuaciones para la recuperación de la identidad cultural nacional
  - 4.1. La escuela clásica del Derecho de Gentes
  - 4.2. La investigación musical
  - 4.3. La cultura judía
  - 4.4. El arabismo
  - 4.5. Dos consideraciones importantes

## Segunda Parte (en Acta Científica y Tecnológica nº 8)

5. Las ciencias empíricas: las predeterminaciones naturales
  - 5.1. Astrofísica
  - 5.2. Acuicultura
  - 5.3. El reordenamiento de la meseta y de la submeseta
  - 5.4. El urbanismo costero mediterráneo
  - 5.5. La desertización
  - 5.6. Nuevas energías
  - 5.7. Agua
6. Las Ciencias empíricas: las opciones libres
7. Consideración final

## 1. LA INDEFINICIÓN DE ESPAÑA

Es un hecho cierto y sobradamente conocido que, en los dos últimos siglos, el Estado español y los sucesivos Gobiernos que lo han regido, así como la propia sociedad española, no han tenido una idea medianamente cabal sobre qué es España, qué puede ser España, y qué debe ser España.

En los siglos XVII y XVIII se desarrolló un importante movimiento intelectual que trató de identificar los males de nuestra patria y de apuntar los convenientes remedios. La Decadencia obligaba a pensar, y el pensamiento conocido como el Arbitrismo hizo meritorios esfuerzos e indudables hallazgos sobre el estado de nuestra nación y sobre los remedios pertinentes para sus males. En el siglo XIX, con la creación de un moderno Estado liberal en la década de 1840, con la estructuración de un pensamiento hacendístico y el desarrollo de un comercio que requerían un régimen de libertades, la nueva preocupación por el bienestar de España quedó vinculada a la del propio ser de España, dentro de una dialéctica en la que se debatían dos grandes vectores de nuestra identidad: la Tradición por un lado y el Progreso por otro.

Estos paradigmas identitarios, la Tradición fuertemente conformada por lo eclesial y el Progreso fundado en la Libertad, absorbieron buena parte de las tareas de gobierno y de las preocupaciones de la nación, hasta el punto de enfrascar al país en una permanente beligerancia política que degeneró en lastimosas confrontaciones bélicas. Definir la infraestructura antropológica y política de España e imponer la propia definición se convirtió en

la preocupación prevalente de los españoles. Terminada la guerra de 1936 y concluido el período de anomalía democrática en 1975, se inició una etapa de integración nacional caracterizada por el deseo de todos los españoles de tener una convivencia en paz y en mutua tolerancia. Dentro de este espíritu transaccional en favor de la paz se produjo una tácita tendencia a esquivar toda cuestión en torno a la identidad de España que pudiera repristinar viejas pendencias; y fruto de esta tendencia fue la moda de sustituir la mención del término España por la más aséptica de “este país”. España sonaba a Hispanidad e Imperio, y a defensa de la Cristiandad, tal y como había sido invocada por el nacionalismo español del franquismo. Y en cualquier caso, todo esfuerzo por dibujar una imagen integradora de la totalidad histórica de nuestro país llevaba aparejado el encuentro con realidades fundamentales como la Reconquista, el arte románico y gótico, la inculturación religiosa de América, las guerras de religión en Europa, la proyección mundial de la mística española, la escuela clásica del derecho natural, y la política del Altar-Trono de nuestra monarquía. ¿Cómo tratar de definir España si el meollo más sustancial de nuestra historia estaba conformado por el ideal religioso católico, es decir, por una Iglesia que, en los siglos XIX y XX, había sido el más firme de los “obstáculos tradicionales” (expresión típicamente liberal) con que hubo de enfrentarse la causa de la modernización de nuestra patria?

Afortunadamente, las cosas han cambiado. En primer lugar, la Iglesia ha cambiado en su propia doctrina política de manera sustancial con la constitución *Gaudium et Spes* que admitió la libertad religiosa, y ha cambiado también su sensibilidad ante el mundo con su fuerte presencia en los movimientos de liberación política y social. Y en lo que respecta a nuestra cultura no confesional, tanto la sociología del conocimiento, como la filosofía de la cultura y hasta la propia lingüística (desde Malinowski hasta Huntington) han alumbrado las profundas e inevitables relaciones entre las religiones y las culturas, en manera que cualquier español increyente, culto y objetivo de nuestro tiempo no encuentra dificultad en reconocerse como culturalmente católico. Hoy en día se puede afrontar la tarea de definir la identidad de España y formular un proyecto nacional, a la manera orteguiana, como un dinamismo colectivo hacia el futuro.

## 2. IDENTIDAD CULTURAL Y PROYECTO COLECTIVO

La Aldea global en lo cultural, la Unión Europea en lo político y económico, y el Progreso científico en algunas naciones del mundo ponen en grave cuestión nuestra pervivencia como

nación en el nivel que le corresponde por significación histórica, por patrimonio cultural y por capacidad creativa.

Decisiva importancia tiene el desarrollo del Progreso científico y su proceso de aceleración. Cada vez más acusadamente los factores de comunicación, desarrollo económico, capacidad militar, e influencia política dependen primordial y casi exclusivamente del progreso científico. Hasta el punto de que la división del mundo en países desarrollados y subdesarrollados, Norte y Sur, Primero y Tercer mundo, va a ofrecer otro considerando fundamental que, en cierto modo, afectará seriamente a las anteriores clasificaciones: países científicamente desarrollados y países sin Ciencia o científicamente subdesarrollados. Dicho de otra manera, en el mundo se va destacando un pequeño grupo de países con Ciencia que constituyen un club de selectos cada día más poderosos y distanciados con respecto a los países científicamente deficientes. El mundo camina aceleradamente hacia unas pocas metrópolis, respecto de las cuales los demás pueblos van a tener características de colonias. Ha pasado la época de las guerras territoriales características de la Edad Moderna y ha pasado también la pugna por el control de las materias primas para la industria característica de la Edad Contemporánea y de la época colonial. Ni el espacio geo-político, ni las fuentes de recursos naturales son datos decisivos frente a la importancia absolutamente impar del desarrollo científico y tecnológico.

Por lo que respecta a España, esta idea de colonia no debe entenderse en términos miserantes o como una amenaza de pobreza con características tercermundistas. Nuestra presencia en Europa garantiza una capilaridad política y económica desde las naciones-metrópoli de nuestro entorno hacia los territorios de la actual nación española, en cuya virtud grandes sectores de la sociedad española disfrutarán de unos niveles de renta y de trabajo no inferiores a una decorosa subsistencia. Pero tal capilaridad discontinua, azarosa y acaso residual dependerá de la voluntad de las metrópolis, no actuará sobre España como nación, convertirá el territorio español en hinterland económico de otras potencias y, en todo caso, la actividad empresarial de los españoles dependerá de lo que otros quieran traspasarnos a su conveniencia. En otras palabras, España puede convertirse en un mero suelo o territorio poblado por 40 millones de habitantes que, a duras penas, componga una exigua imagen de nación. Porque, hoy por hoy, España no está en camino de integrar el club de las naciones con Ciencia.

Conviene insistir en esta idea de la Ciencia como factor decisivo en la realidad nacional. Hace ya muchos años afirmó Ortega en frase lapidaria: España será lo que sea su Ciencia. Y eso lo dijo cuando no había comenzado todavía este acelerado proceso de decantación de las naciones científicamente superdesarrolladas. Tampoco había comenzado el proceso de formación de una Unidad Europea que reduce la soberanía política y la entidad de lo nacional en términos que obligan a localizar y definir nuevos factores de identificación y legitimación de nuestra nacionalidad. Por eso, la frase de Ortega, de haber sido pronunciada en nuestros días, quizá habría tenido parecida inflexión: España será, es decir, existirá, si tiene Ciencia.

Pero la existencia de una ciencia va íntimamente ligada a una identidad cultural. Por supuesto que el gran problema de nuestra deficiencia científica es la falta de una cultura científica en nuestra sociedad. En España se considera inculto a quien no sabe quién es Shakespeare o Göthe, pero no se considera inculto a quien desconoce quiénes fueron Maxwell o Mendel, o qué significaron Newton o Galileo en la historia de la Humanidad. Con un "soy de letras" cubrimos el expediente de nuestra honorabilidad cultural. Pero no se trata de eso cuando hablamos de identidad cultural.

La identidad cultural atañe a una relación consciente – o si se nos permite la expresión: "concienciada" – con la historia de nuestro pensamiento, de nuestra literatura, de nuestro arte, de nuestros sucesos-mito y de todo aquello que ha tenido influencia en la conformación de nuestro especial aparejo antropológico y vivencial. Se da la circunstancia, (y no precisamente curiosa, sino más bien lógica) de que los países que han desarrollado una ciencia importante son también los que han tenido un pensamiento filosófico o una producción intelectual y han sabido mantenerlo sin solución de continuidad. Esta observación puede sustanciarse en una apreciación más genérica: tienen ciencia aquellos países que se han comprometido desde hace algunos siglos y de manera permanente con la aventura del conocimiento. Tal compromiso con la aventura del conocimiento era, en esos países, total y globalizante, de manera que la Ciencia siempre se concibió como una parte de la cultura.

En el caso de España conviene observar que existió un pensamiento filosófico-teológico francamente importante, pero muy referido a las cuestiones de ética jurídico-política que se plantearon con motivo de la conquista y colonización del Nuevo Continente. La escuela española del Derecho Natural, con más de cien notabilidades entre sus cultivadores, desarrolló el Derecho de Gentes, de donde surgió más tarde el Derecho Internacional. España desarrolló también una importante tecnología, pero quizá lo más trascendente de su esfuerzo intelectual fue su pensamiento jurídico-político, pronto barrido por el advenimiento de la filosofía de la Razón y de la Ilustración que acuñó un mundo conceptual en el que todavía nos movemos. Ciertamente el concepto de soberanía nacional, quicio de la filosofía política de la Razón y de la Ilustración, así como de su secuela el liberalismo político, era, en gran medida, un tema del jesuita español Francisco Suárez, de quien lo tomó el abate Gregoire, decisivo ideólogo de la Revolución francesa. Así mismo Ugo Grocio pasó a la Historia como el iniciador del Derecho Internacional, a pesar de que él mismo se reconoció deudor de Francisco de Vitoria, y el monumental esfuerzo que fue el pensamiento de la escuela clásica española del Derecho Natural quedó olvidado en no pocos manuscritos nunca editados o en un gran número de libros que todavía esperan una moderna edición crítica. De pensamiento político tenemos también más de dos mil autores, gran parte de los cuales fueron registrados por Martínez Marina y Joaquín Lorenzo Villanueva, pero no se puede decir que aquellos autores inspiraran unos laboreos intelectuales poste-

riores que comportaran la continuación de una cultura española y de un pensamiento típicamente español.

El hecho de que el gran pensamiento español haya discurrido por lo jurídico-político y por lo ético hace tan lamentable su ocaso como si se hubiera tratado de un pensamiento filosófico-cosmológico más relacionado con el desarrollo de las ciencias experimentales. Porque lo importante y decisivo no es el cultivo de esta u otra disciplina, sino el mantenimiento de una actitud tensa y curiosa respecto a lo que hemos llamado la aventura del conocimiento. Lo que comporta necesariamente un aprecio constante de la Ciencia.

España tuvo realmente un gran aprecio de la Ciencia sin distinguos de ninguna clase y perfectamente en línea con las normas que regulan en nuestros días el proceso científico de las naciones más avanzadas, a saber, la priorización temática de acuerdo con los intereses de cada sociedad y el pragmatismo. Si enfocó sus desvelos hacia el pensamiento ético y jurídico-político fue porque su gran proyecto colectivo, o su proyección como nación, eran la conquista, colonización y explotación del continente americano. Legitimar aquel proyecto desde unos supuestos cristianos era el gran reto intelectual de aquella sociedad, y la propia Monarquía hispana asumió el papel de activadora de aquellos discernimientos, como en el célebre asunto de la Controversia de Valladolid. Paralelamente y con la misma finalidad de servir a esta gran causa de la aventura americana, España desarrolló una importante tecnología en las artes náuticas y en la astronomía, en la minería y metalurgia, en la farmacopea botánica y mineral, en la ingeniería militar, en el urbanismo, en la intervención sobre el territorio y en la cartografía, y su estudio y asimilación de las lenguas amerindias para hacer inteligible la doctrina cristiana puso los fundamentos de la moderna filología comparada y de la actual lingüística que tanta importancia tiene en la cultura interdisciplinar de nuestro tiempo. Hay que hacer notar que gran parte de estos temas se planteaban en un panorama dilatadísimo y de magnitud nunca conocida que obligaban a un esfuerzo titánico de creatividad y a un verdadero cambio de escala.

Quizá no exista en el mundo un ejemplo tan claro de la relación entre un proyecto colectivo (o nacional, diríamos en nuestro tiempo) y la creación de una identidad cultural (ciencia incluida) como en el caso de España. Pero el hiato cultural con el pasado en el que han vivido nuestras dos últimas centurias ha impedido que exista en la sociedad española una conciencia de identidad cultural nacional y ha sido causa o al menos ocasión de que no se desarrollara la Ciencia como parte sustancial de la cultura. En realidad tal hiato cultural era la consecuencia de haber perdido el pulso como nación, es decir, como dinamismo colectivo o como empresa de todos, porque si es exagerada la afirmación de Renan de que una nación es el fruto de un plebiscito cotidiano, es absolutamente cierto que una nación sólo puede existir pujante y consistente si los miembros que la integran no viven un tenso y compartido ideal finalístico. Y en la actualidad, la tarea fundamental a la que está convocada toda nación que aspire a ser respetada por su propio prestigio es la Ciencia y la Tecnología. Ese

y no otro tiene que ser nuestro gran proyecto colectivo como nación, y sólo a su sombra podrán afrontarse otras finalidades o ilusiones. En vano la nación norteamericana podría proclamarse y considerarse como la gran tutora de la Democracia en el mundo y hacer de ello la savia de su emoción patria, si no estuviera respaldada por el poderío científico y tecnológico de sus ejércitos.

Por todo lo dicho, la recuperación de nuestra identidad cultural se nos plantea como requisito indispensable para sentar las bases de una moderna sociedad científica española. Pero esta recuperación de la identidad cultural ofrece una doble dimensión.

En primer lugar, debe reavivar lo que los hombres decimonónicos llamaban “el espíritu público”, referido ahora a una percepción gozosa de nuestra condición de españoles. Es preciso que los españoles sepan que pueden hacer Ciencia, porque a lo largo de su Historia la han hecho y con no escaso lucimiento. Viene a cuento rememorar el episodio virgiliano de los remeros de la Eneida que competían al límite de sus fuerzas, pero sacaban nuevo vigor de la fe en sí mismos y de la persuasión de que, a pesar de todo, seguían pudiendo más y más: *possunt, quia posse videntur*. Los españoles ven los grandes adelantos científicos de otras naciones como cosa de otros (“que inventen ellos”), pero tienen que persuadirse de que la Ciencia no es ajena a su talante a causa de algún ignoto determinismo, y de que tal predisposición favorable no es algo que esté por demostrar. La recuperación de nuestra historia como proyecto científico y cultural ya realizado debe constituir la mejor demostración de nuestras posibilidades y gran motivo de aliento.

Con lo dicho, ya tenemos delineado un considerando fundamental para empezar a configurar ese proyecto colectivo como nación al que alude el segundo término del presente epígrafe. España tiene que plantearse como tarea nacional, cronológica y categorialmente primera, la recuperación de su identidad cultural. No puede aspirar a integrar el club de los países con Ciencia si previamente no entronca con su tradición cultural-patrimonial y toma de ella el impulso para lanzarse a la aventura del conocimiento. Pero esta recuperación de la identidad cultural sólo puede hacerse a lomos de una gran tarea de investigación científica predominantemente humanística. Para adentrarnos por los vericuetos de la Ciencia entendida en su generalidad es preciso investigar primero sobre nosotros mismos. Aunque resulte paradójico o un “quid pro quo” aparentemente insoluble, es preciso investigar para que lleguemos a ser capaces de investigar.

En segundo lugar, la recuperación de nuestra identidad cultural orienta y estructura nuestra futura actividad investigadora, porque nos mete de bruces en tareas que España comenzó y llevó adelante, pero no terminó. Y son tareas que siguen teniendo un interés extraordinario y que las demás naciones tienen el derecho a esperar que seamos los españoles quienes las llevemos adelante. Tal es el caso de la escuela clásica española del Derecho Natural.

Vivimos todavía en la cultura de la Razón y de la Ilustración que, si se cargó a Dios, fue para divinizar unos conceptos como la libertad la soberanía, la democracia, la no-injerencia, etc., que operan como impedimentos inhibidores de toda acción verdaderamente seria y salvadora. Transgredir las fronteras de un país soberano, sea cual sea la finalidad perseguida, produce una fuerte conmoción y un estremecido escándalo político.

El gobierno canadiense ha respaldado un importante informe titulado *The responsibility to protect* donde se plantea una revisión del principio de la no injerencia para hacer posible la ayuda a otras naciones soberanas. Pero en general, a lo más que se llega es a reconocer vagamente que es necesario un nuevo orden mundial. Y para esto hace falta previamente una profunda revisión de nuestra cultura política, porque, desde la actualmente vigente, no vamos a ser capaces ni siquiera de dibujar un corpus ético-jurídico que embride la anomia casi absoluta en que se desenvuelven las empresas multinacionales. Y esa sí que es tarea que, no tardando, va a preocupar seriamente no sólo a los individuos, sino a los Estados.

Pues bien, cualquier mediano conocedor del pensamiento que desarrolló la escuela clásica española del Derecho Natural sabe que, en su monumental patrimonio doctrinal, no faltan respuestas matizadísimas, y dialécticamente contrastadas, a todas las cuestiones que debe plantearse la necesaria revisión del orden mundial. Y si algo falta como cuestión muy concreta o muy técnica, que pueda aflorar en un mundo crecientemente circunstanciado, la escuela española del Derecho Natural contiene los principios básicos y hermenéuticos para la interpretación nómica de cualquier nueva situación.

Todo esto no es “chauvinismo” españolista a la manera del imperial Mariano que hace años dibujaba la plumilla del inefable humorista Forges. La escuela española del Derecho Natural es conocida y reconocida en el entero mundo culto como la creadora de esa disciplina. Y se conoce también su porte, su trascendencia y su interés. Ninguna nación civilizada va a considerar una fruslería o un entretenimiento meramente erudito que España dedique un importante esfuerzo intelectual a la exhumación de todo ese patrimonio jurídico-político, que tanto puede contribuir a la causa de la paz y del bienestar de la Humanidad. Es esta una aportación de las que facultan para ser admitido en el club de las naciones con Ciencia o club de las metrópolis. Pues bien, a pesar de todo esto conviene recordar que en el CSIC existió hasta 1986 un Instituto de Estudios Jurídicos. En este instituto se instaló en sus últimos años el grupo de especialistas que llevaban adelante la publicación en modernas ediciones críticas de las obras de nuestros clásicos del Derecho de Gentes. Es la conocida colección *Corpus Hispanorum* de Pace que llegó a publicar 48 obras básicas. Tal instituto fue suprimido en 1986, porque había disminuido su plantilla y había perdido su antiguo esplendor. En vez de revitalizarlo, como habría sido procedente dada su entidad temática, se suprimió, y su valiosa biblioteca especializada de 40.000 volúmenes se cedió en préstamo a la Universidad Carlos III accediendo a los requerimientos del entonces rector D. Gregorio Pe-

ces Barba. Fue una irresponsabilidad patrimonial que, no habiéndose producido posteriormente ninguna modificación de su carácter de préstamo, estamos a tiempo de subsanar.

Pero no podemos terminar el presente epígrafe sin hacer notar que en la recuperación de nuestra identidad cultural hallamos respuesta a una obvia pregunta: ¿es que tenemos obligación de pertenecer al club de las naciones selectas, de las naciones con Ciencia, de las futuras metrópolis dominantes? ¿A qué vienen tales ínfulas? ¿No basta con vivir y dejar vivir, que parece ser el ideal dominante de nuestra juventud? ¿O se trata acaso de repristinar el nacionalismo español, justo cuando tanto nos perturban otros nacionalismos que lamentamos y condenamos?

Vaya por delante que el asunto de las metrópolis y de las colonias no es para tomárselo a broma en términos de libertad y de bienestar, cosas ambas que no pueden dejar indiferente a nuestra pacífica, pragmática, modesta, desmitificadora, libertaria, solidaria y hasta ecológica juventud. Porque lo que se está ventilando en el mundo, en razón de la Ciencia y de la Tecnología, es saber, como en la antigua Grecia, quiénes van a ser ciudadanos de primera y quiénes van a ser metecos o ilotas. Pero es que, en la recuperación de nuestra identidad cultural, se nos plantea un grave problema de responsabilidad moral y de solidaridad. En nuestra realidad histórica, que funda nuestra identidad cultural, nos encontramos con el hecho de nuestra colosal proyección en el mundo y de haber extendido nuestro idioma y nuestra propia cultura en dos continentes que tienen a España como referente. No pocas de las naciones hispanas tienen realidades valiosas - no siempre conocidas por nosotros - hasta en el terreno de la investigación científica, y por supuesto, contienen potencialidades importantes para un futuro por ahora no fácilmente previsible. Pero hoy por hoy es sobre España donde recae la posibilidad y, por tanto, la responsabilidad de mostrar que tiene pleno sentido y total viabilidad la pervivencia de lo español en el nuevo mundo que se está conformando. No ser consciente de esta grave responsabilidad histórica con el mundo que hemos formado sería una insolidaridad a la que nuestra juventud de seguro no va a ser insensible.

### 3. IDENTIDAD CULTURAL Y PRESTIGIO

Si la identidad cultural es condición indispensable para hacer ciencia, aunque es preciso hacer Ciencia para ir recuperando la identidad cultural, - es el “quid pro quo” a que antes se aludía - una y otra obran un efecto valiosísimo en orden a tener una presencia activa en el mundo: el prestigio.

Sería un error muy en boga en nuestro tiempo y un reduccionismo lamentable entender que la única finalidad de la Ciencia es aumentar la renta mediante la producción y venta de bienes materiales fruto de una avanzada tecnología y, consecuentemente, aumentar los puestos de trabajo y la estabilidad social. La Ciencia produce también prestigio, que es un valor intangible, pero de tal operatividad política e internacional



que llegó a ser considerado como razón de guerra por los traductores clásicos de la guerra justa. Una mera injuria moral de una nación a otra concedía a la primera el derecho a declarar la guerra a la segunda, castigarla, y humillarla hasta dar por cumplida la reparación de la honra ultrajada. Obviamente no se entendía como un asunto de vanidad colectiva o de mera presunción (difícilmente se habría podido fundamentar un derecho sobre un sentimiento no virtuoso), sino que a la honra y al respeto - al prestigio, diríamos en nuestros días - se le atribuía una alta funcionalidad política como era la de evitar muchas guerras. El prestigio de una potencia apartaba a las demás de la tentación de atacarla.

Pues bien, en el panorama de nuestra identidad cultural que debemos rescatar existen realidades que no tienen un carácter predominantemente fungible, pero deben atenderse debidamente por razón del prestigio. Nos referimos en primer lugar a la música. Si hubiéramos de resumir en unos pocos trazos los factores en que se funda el prestigio singular de Alemania sería suficiente con señalar: la investigación química (con la industria consiguiente), la filosofía, la filología greco-romana o clásica, y la música. Pero el hecho de que planteemos la cuestión en términos de prestigio no debe ocultar que Alemania, es decir, la Deutsche Grammophon gana un buen dinero con la venta de su música clásica y debe también a la música una importante propaganda de turismo cultural.

Pocos son los españoles que conocen la gran importancia del patrimonio musical español. Algún musicólogo especialmente entusiasta ha llegado a afirmar que el patrimonio musical español es comparable en cantidad y calidad con el alemán, si se exceptúan a Beethoven, Bach y Haydn. Pero no es el caso de entrar en comparaciones sin sentido. Baste con afirmar que nuestra música no desmerece de la gran música centroeuropea, pero le añade unas características de especial originalidad por haberse producido con una cierta autonomía respecto a aquella y haberse enriquecido con la sensibilidad americana. Pues bien, un importantísimo acervo musical español, procedente de la Capilla Real, obra en el archivo de Palacio esperando su transcripción y edición crítica. También son importantes los fondos musicales de la Iglesia Nacional Española de Santiago y Montserrat, de Roma, que viven suerte parecida. En Cabildos catedralicios de España y de Hispanoamérica hay fondos valiosos, a veces deteriorados por la humedad o por los roedores. Monasterios y conventos entran también en esta consideración. Recuérdese el impacto de la publicación de sólo una porción de las obras del Padre Soler que obran en El Escorial.

Omitimos el referirnos a la lengua española como asunto de importancia capital para nuestra nación. En términos generales podemos decir que el tema de la lengua está ya bien encarrilado a través de tres instituciones, dos de las cuales son de índole científica e investigadora: la Real Academia de la Lengua (que recibe una subvención del Estado de 500 millones de pesetas anuales) y el Instituto de Lengua Española recientemente refundado en el CSIC, que atiende también a nuestra litera-

tura. La acción del Instituto Cervantes se dirige a la difusión de nuestro idioma y no atañe, por tanto, al tema que nos ocupa. A la importancia que siempre ha tenido el idioma como instrumento de penetración comercial, empresarial y financiera, se une ahora la importancia de un idioma universal para la creación de grandes redes telemáticas, y es de esperar que el Estado español no descuidará este aspecto de su patrimonio. Es decir, el tema de la lengua no es un mero asunto de prestigio.

También en el terreno cultural y lingüístico ofrece la cultura española dos envites de máxima actualidad, cuyos frutos no se darían tan sólo en el terreno del prestigio, sino también en el de la influencia política y de la penetración económica. ¿Se ha pensado seriamente en lo que enaltecería nuestra posición en el mundo, precisamente en el mundo actual, el hecho de que en España hubiera un centro de cultura árabe y un centro de cultura hebrea, pero ambos con carácter y amplitud de centros de referencia? La gran historia de los judíos de todos los tiempos ha sucedido en la España medieval. Y para el mundo islámico, Al - Andalus es un sueño de increíble fascinación no exento de una callada tentación de volver a hacerlo real. O no tan callada. A decir verdad, el Estado español ha sido siempre consciente de esta vinculación cultural, y además de las cátedras de arabismo y de hebreo en las Universidades, instituyó en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas el Instituto "Miguel Asín" de estudios árabes (Madrid), la Escuela de Estudios Árabes (Granada), y el Instituto "Arias Montano" de estudios hebraicos.

En 1986, el Gobierno socialista concentró todos los institutos humanísticos del CSIC de Madrid en dos únicos centros de investigación. Lo que comportó que tanto el Instituto de Lengua Española, como el "Miguel Asín" y el "Arias Montano" quedaran degradados a la categoría de meros departamentos de un Instituto de Filología. Afortunadamente, el departamento de Lengua Española recuperó recientemente su condición de Instituto. Gracias a su nueva personalidad puede desplegar un cuadro de actividades mucho más autónomo, puede concurrir casi directamente al empleo público para obtener nuevas plazas de funcionarios investigadores, sin tener que entrar en la pugna con los otros departamentos - el cupo de plazas se asignan a los institutos y no a los departamentos - y finalmente puede obtener financiaciones propias en vez de tener que resignarse a lo que le toque de la financiación colectiva. En una palabra, se han creado las condiciones administrativas para poder desarrollar el área de Lengua Española con la amplitud requerida.

#### 4. ACTUACIONES PARA LA RECUPERACIÓN

#### DE LA IDENTIDAD CULTURAL NACIONAL

##### 4.1. La escuela clásica del Derecho de Gentes

El desarrollar una gran tarea de recuperación de nuestros clásicos mediante la edición crítica de sus obras, y el aprovechamiento de esas fuentes en estudios y monografías de actualidad, requiere la existencia de un centro especializado. No ca-

recería de sentido crear ex novo un gran centro de investigación adscrito a la Facultad de Derecho de Salamanca, donde profesaron y escribieron gran parte de las mayores celebridades en esta materia, empezando por Francisco de Vitoria. Pero parece más realista y hacedero restaurar el antiguo instituto de estudios jurídicos del CSIC, que contaría ya con una valiosa biblioteca, y podría beneficiarse de la circunstancia del traslado de las Humanidades del CSIC al edificio de Albasanz. Su amplitud espléndida permite la existencia pujante de varios centros en el mismo edificio. Y la propia vecindad de otros centros de Humanidades en el mismo edificio resultaría enriquecedora.

#### 4.2. La investigación musical

Un gran centro de referencia en musicología para la exhumación y publicación de nuestro repertorio musical es un requerimiento importante, pero resulta más difícil dilucidar su ubicación, especialmente después de que se han constituido cátedras y departamentos musicológicos en la Universidad española.

En principio creo que habría que primar la opción de Barcelona, donde se creó hace más de medio siglo el Instituto Español de Musicología, del CSIC, a iniciativa de monseñor Anglés. Actualmente subsiste dicho instituto como departamento de la Institución Milá y Fontanals del CSIC. Y cuenta con 4 investigadores y un apreciable número de becarios y contratados. Tiene una biblioteca especializada de referencia. Publica el Anuario Musical, muy conocido en el extranjero y sus exhumaciones de obras antiguas inéditas son muy valiosas, aunque no trascienden tanto como merecerían, porque la presencia musical española no llega a constituir un respaldo para cada aportación concreta. Afortunadamente, la creación de facultades de música en España y la aparición creciente de licenciados y hasta doctores en musicología permite augurar una vida pujante a la posible reconstitución del Instituto Español de Musicología a partir de su actual existencia como departamento.

#### 4.3. La cultura judía

También sería necesario retrotraer al departamento de estudios hebraicos del CSIC a su anterior condición de Instituto con autonomía propia. En su actual situación, inserta en el Instituto de Filología y disputándose con otros departamentos la consecución de plazas y recursos, es imposible que llegue a ser un centro de referencia mundial. También podría estar en el nuevo edificio de la calle Albasanz.

#### 4.4. El arabismo

Aquí es más difícil el aclarar el futuro deseable, por el hecho de que existen un Instituto de Estudios Árabes en el CSIC de Granada y un departamento de la misma materia en el CSIC de Madrid. El de Granada tiene 9 investigadores, frente a los 4 del departamento madrileño. Se debe esa ventaja de Granada al especial interés que ha puesto en ello la Junta de Andalucía. El dato es relevante, porque este interés del gobierno andaluz significa una aportación que puede exonerar de parte de los gastos al Gobierno central y acentúa el cuidado y la atención a la insti-

tución por tratarse de una realidad propia. Por otra parte, las acciones de investigación darían lugar obviamente a eventos sociales (presentación de libros, mesas redondas, congresos y hasta espectáculos culturales) que encontrarían en esa ciudad un marco arqueológico y urbanístico de gran resonancia internacional, especialmente en el propio mundo árabe.

Si se optara porque el gran centro de referencia de nuestro arabismo fuera el de Granada no sería necesario cambiar ninguna estructura administrativa, dado que es ya instituto. Se trataría de fomentar su desarrollo de manera importante y de abrir más su temática, que actualmente se ciñe a lo andaluz y a la arqueología de la propia ciudad de Granada.

#### 4.5. Dos consideraciones importantes

En primer lugar y como habrá podido observarse, los cuatro focos de interés que hemos señalado no constituyen ningún descubrimiento. La escuela clásica del Derecho de Gentes, la musicología, el hebraísmo y el arabismo han recibido una atención singularizada desde hace más de medio siglo, puesto que de todo ello ha habido centros de investigación en el CSIC. Fueron centros que llegaron a tener una apreciable pujanza y contaron con el respaldo del régimen de Franco como consecuencia lógica del nacionalismo español que profesaba la Dictadura. Tendríamos, pues, que retractarnos de cuanto hemos dicho, en las primeras líneas de este informe, sobre la inexistencia de una idea de España en los dos últimos siglos. El franquismo tuvo una idea de España y precisamente en la misma línea que aquí se ha señalado. Pero si tal idea no fue valedera se debió a que su enmarque ideológico fue exclusivo y excluyente de otros aspectos de la realidad española que habían sido fundamentales para situar al país a la altura de los tiempos y hacer de España una sociedad política no reñida con la Modernidad. La batalla por la Libertad que llenó nuestra historia durante todo el siglo XIX y parte del XX, fue necesaria, meritoria, transformadora de nuestro país y generadora de una nueva cultura que Franco quiso erradicar. La tensión dialéctica entre el pensamiento oficial del franquismo y la cultura librepensante hizo que la gran cultura de la Tradición española se identificara con aquel Régimen y apareciera como elemento a combatir, pero el hecho de que Franco repristinara los valores de la antigua cultura española no significa que nuestra más gloriosa tradición cultural debiera caer con el franquismo, porque Franco no era dueño de nuestro pasado.

En segundo lugar es importantísimo señalar que los desiderata aquí apuntados sólo son interesantes si realmente se toman con la voluntad decidida de hacer con esos cuatro temas unos centros de referencia mundial. Es una tarea lenta, no sólo, ni principalmente, por los aspectos presupuestarios, sino porque la creación de importantes equipos de investigadores no es algo que pueda improvisarse, ni tampoco debe dar lugar a crecimientos precipitados y poco selectivos del personal. Esta perspectiva a largo plazo impone que la planificación de estas prioridades se haga con el mayor consenso político para evitar que esté sujeto a los avatares de la confrontación. ■

# Carburos Metálicos dispone de tres laboratorios de gases especiales en la Península Ibérica

La compañía obtuvo la acreditación de ENAC en el 2000 y una ampliación para los sectores de medio ambiente y automoción en el 2003

**AUTOR:** CARMEN ESQUIUS  
Marketing Manager Merchant Gases  
Carburos Metálicos/Air Products

Desde su nacimiento en 1897, Carburos Metálicos ha evolucionado, investigado y desarrollado constantemente nuevas aplicaciones de los gases para ofrecer los mejores servicios a la industria, a la medicina, a la investigación y a la sociedad en general.

Carburos Metálicos es líder en el sector gasista en España. La principal actividad de la compañía es la producción y comercialización de gases industriales, gases de alta pureza y medicinales. Además, Carburos Metálicos desarrolla nuevas tecnologías y equipos para las múltiples aplicaciones de estos gases.

Está presente en más de treinta países de todo el mundo a través de la multinacional Air Products, de la que forma parte desde 1995.

Carburos Metálicos cuenta con 17 plantas de producción, 3 laboratorios de gases de alta pureza (denominados gases especiales), 41 centros propios y más de 200 distribuidores en España, de este modo, la compañía puede garantizar la atención personalizada y la proximidad con el cliente en cualquier punto de nuestra geografía.

## GASES ESPECIALES

Los gases especiales son gases y mezclas de altísima pureza con una calidad rigurosamente certificada, ambos requisitos son esenciales en múltiples mercados ya que influyen en el resultado final de productos y procesos.

Se emplean básicamente en dos sectores: el primero es el de la **instrumentación analítica** donde se utilizan gases y mezclas para controlar un producto en todos los estadios de su proceso (materia prima, producto intermedio y producto acabado), así como el control medioambiental (emisión e inmisión) y en seguridad (ambiente explosivos). El segundo campo de aplicación es el de los **procesos industriales**, donde los gases intervienen en alguna parte del proceso productivo para garantizar productos de elevada calidad.



Carburos Metálicos dispone de tres laboratorios en la península, donde se envasan y analizan gases especiales: Aranjuez (Madrid), Sant Celoni (Barcelona) y Oporto (Portugal). El primero se ha especializado en la producción de los gases BIP (Built in Purifier) y el segundo en la preparación de mezclas acreditadas, ambos productos estrella en el sector de gases especiales.

## GASES BIP / MEZCLAS ACREDITADAS

Los gases BIP son gases especialmente diseñados para Cromatografía de Gases ya que reducen significativamente las impurezas críticas en esta técnica analítica, que son oxígeno, agua e hidrocarburos totales. Podemos garantizar un nivel de  $O_2 < 10$  ppb, en  $H_2O < 20$  ppb y en  $THC < 100$  ppb en tres productos: helio, nitrógeno y argón. Esta nueva tecno-



logía consiste en incorporar un filtro en el interior de la botella por el que pasa el gas antes de salir de la misma. Los beneficios que hallará el cliente al incorporar este gas a su laboratorio son los siguientes:

- Aumento de la vida de la columna cromatográfica por menor sangrado de la misma.
- Eliminación de los filtros a la entrada del cromatógrafo.
- Reducción de tiempos muertos por cambio de columna y filtros.

Todo ello se traduce en una disminución de los costes de laboratorio.

#### LABORATORIO DE SANT CELONI:

#### MEZCLAS ACREDITADAS

El laboratorio de Sant Celoni se inauguró en 1997. Es fruto de una gran experiencia y de la aplicación de tecnología de última generación.

Después de cinco años de funcionamiento, este centro ha alcanzado y superado todos los objetivos para los que fue diseñado.

El laboratorio de Gases Especiales de Sant Celoni de Carburos Metálicos cuenta con la acreditación por la Entidad Nacional de Acreditación ENAC para la calibración de mezclas de gases de hasta cinco componentes. La aplicación de estas mezclas acreditadas va dirigida fundamentalmente para:

- La calibración de analizadores de gases nocivos para el medio ambiente (**control de emisiones e inmisiones de medio ambiente –calidad del aire–**). Este alcance cubre mezclas de NO, SO<sub>2</sub> y CO en bajas concentraciones.
- La calibración de los analizadores de los gases de escape de vehículos a motor, en el caso de las ITV (Inspección

Técnica de Vehículos), abarcando mezclas de CO<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, O<sub>2</sub> y CO en altas concentraciones.

Con el uso de nuestras mezclas acreditadas los clientes obtienen unos análisis con resultados más exactos y fiables debido al menor grado de incertidumbre que ofrecen este tipo de mezclas. Esto es posible gracias a la doble vía de trazabilidad que asegura Carburos Metálicos, por una parte a la Unidad de Masa reconocida internacionalmente y por la otra a Materiales de Referencia Certificados (MRC).

Carburos Metálicos no ha escatimado medios para obtener la certificación ENAC. Se han adquirido materiales de referencia certificados (MRC's) a entidades de gran prestigio como son NIST (National Institute of Standards and Technology en EE.UU.), NPL (National Physical Laboratory en el Reino Unido) y NMI (Nederlands Meet Institute en Holanda) para garantizar la trazabilidad de acuerdo con los requisitos de la ISO 17025, siendo el primer laboratorio del sector en obtener dicha certificación.

En el proceso de implantación del sistema de calidad de la acreditación ha trabajado un equipo de cuatro personas, dedicando unas 7.000 horas. El factor más decisivo ha sido contar con un equipo humano muy preparado y perfectamente coordinado, con una mentalidad de mejora continua.

Para Carburos, contar con la acreditación de ENAC supone contar con el aval del máximo reconocimiento oficial. Nos permite atender al mercado más exigente y nos capacita para afrontar todos los retos del futuro.

Nuestros clientes requieren, cada vez más, proveedores cuya competencia técnica esté certificada y así, nosotros ofrecemos la total confianza en el cumplimiento de las especificaciones de los productos. Este nuevo logro para la Compañía ratifica nuestra posición de liderazgo y de vocación de servicio al cliente. ■





## En la elaboración de nuestros gases especiales hay mucho más que química

*"Estamos orgullosos de poder ofrecer a nuestros clientes los dos productos estrella del mercado de gases especiales: los gases con tecnología BIP y las mezclas acreditadas por ENAC".*

*Amparo Sirvent.*

*Responsable de Marketing de Gases Especiales.*

Producir un gas especial o una mezcla a medida de sus necesidades podría ser sólo una cuestión de química.

Para Carbueros Metalicos es mucho más:

- La fiabilidad de pertenecer a la primera multinacional del sector, Air Products.
- El reconocimiento externo de nuestra competencia técnica (certifi-

cada por ENAC para la preparación y análisis de mezclas acreditadas).

- La producción de los gases idóneos para cromatografía (gases con tecnología BIP).
- La excelencia tecnológica de nuestro laboratorio de Sant Celoni (Barcelona).

**te escuchamos**  
[www.carbueros.com](http://www.carbueros.com)

# Indicadores de Producción Científica sobre Desertificación en zonas de riesgo de la España peninsular

**AUTOR:** LUIS M. PLAZA

*Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Joaquín Costa, 22 - 28002 Madrid*

## INTRODUCCIÓN

La Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro, hizo extensivo un mandato a la Organización de Naciones Unidas para el establecimiento de un Convenio Internacional, para combatir la Desertificación. Dicho Convenio entró en vigor en diciembre de 1996 y a él están adheridos un conjunto de estados que se agrupan en cuatro anejos regionales (África, América Latina, Asia y Mediterráneo-Norte). Los correspondientes gobiernos de los estados adheridos a dicho Convenio, adquirieron el compromiso de desarrollar y hacer efectivos los respectivos Programas de Acción Nacionales para combatir la Desertificación.

España, uno de los países más afectados por el fenómeno de la desertificación en la cuenca mediterránea, es uno de los países signatarios del Convenio y forma parte del Anejo Regional del Mediterráneo Norte. La pertenencia a este Anejo es de gran importancia para los países que lo conforman, tanto por los posibles beneficios que puedan derivarse de los acuerdos frente a problemas ambientales comunes, como por la participación de dichos países en las iniciativas de la UE en cuanto a la planificación y financiación de la investigación científica y de actuaciones concretas en materia de medio ambiente y de política agraria.

Los compromisos adquiridos por España en el marco internacional definido por el Convenio para Combatir la Desertificación y más concretamente la definición y puesta en marcha de un Plan de Acción Nacional en este sentido, pasan, obligatoriamente, por una revisión y puesta al día de la información científica y socioeconómica generada al amparo de distintos proyectos y actuaciones, tanto nacionales como internacionales.

El proyecto "Evaluación de la desertificación en España" (financiado a cargo del Programa Nacional de Medio Ambiente, y realizado entre 1997 y 1999), ha contribuido fundamentalmente a integrar las variables biofísicas y las socioeconómicas, avanzando así, tanto en concepto como en metodología,

en el estudio del fenómeno de la desertificación tal y como éste es entendido en la actualidad.

En dicho proyecto, junto al estudio de los aspectos o variables anteriormente mencionadas, y a la puesta a punto de modelos de simulación y de procedimientos para definir indicadores de desertificación (base para la definición de sistemas de alerta temprana y de seguimiento) se llevó a cabo un estudio cuantitativo cuya finalidad era analizar los objetivos, tanto territoriales como temáticos que han guiado la investigación científica en desertificación realizada en España durante un período histórico suficientemente representativo.

La integración de dicho análisis cuantitativo en el proyecto responde a la necesidad de contar con una sólida base de conocimientos sobre la investigación realizada en España, que sirva de apoyo a las políticas y actuaciones de planificación científica que abordan directamente la prevención y la lucha contra la desertificación.

Los principales resultados de dicho estudio cuantitativo han puesto de manifiesto el considerable esfuerzo en investigación realizado sobre el sureste peninsular y, en menor medida, sobre la región noreste. Los resultados evidencian asimismo que la investigación científica se ha centrado en la realización de inventarios u otros análisis de tipo descriptivo de suelos, recursos hídricos y aspectos agronómicos.

Dicho estudio ha permitido, también, detectar ciertas carencias, en la investigación realizada hasta la fecha, en lo que se refiere a la cobertura territorial, así como a determinados aspectos temáticos.

Diversos datos de tipo biofísico y socioeconómico, obtenidos en el proyecto anteriormente descrito (fundamentalmente indicadores de concentración de actividad económica en el sector agrícola; tasas de variación de superficie ocupada por los distintos tipos de cultivos y los cambios de usos del suelo), han permitido identificar aquellos sistemas agrarios en los que las prácticas agrícolas, en conjunción con otros factores, representan un claro riesgo de desertificación. Entre éstas destacan zonas concretas en el Sureste peninsular asociadas a la horticultura intensiva, a la agricultura subsidiada en zonas marginales (cultivo del almendro) y a ciertas prácticas de la agricultura olivarera. Otras

áreas de riesgo se sitúan en Los Monegros y La Mancha, donde la problemática deriva del cultivo extensivo de girasol y los regadíos de alfalfa y maíz, así como el norte de Extremadura y sur de Salamanca, en los sistemas agropastorales adhesados.

La identificación de estas nuevas zonas de riesgo, y de los procesos implicados, plantea una nueva serie de problemas o desafíos, no sólo a los investigadores, sino también a los agentes con responsabilidad en las políticas agrarias, medioambientales y de I+D. Por una parte, se hace necesario la puesta en marcha de procedimientos de alerta temprana y de seguimiento de dichos procesos y, por otra, se pone de manifiesto la urgente necesidad de conocer los antecedentes de la investigación científica realizada sobre estos ámbitos territoriales.

## OBJETIVOS

Considerando el interés que puede representar la recopilación y análisis de información científica bibliográfica, como herramienta de apoyo del Plan de Acción Nacional, el objetivo de este trabajo es analizar dicha información a fin de obtener indicadores de la actividad investigadora realizada en España, fundamentalmente, en lo que concierne a esas áreas de riesgos identificadas y tipificadas en el proyecto anteriormente citado.

Con dicho propósito en este trabajo se procede a identificar, cuantificar y clasificar la producción científica existente, de específico interés para las principales áreas con riesgo de desertificación (incluyendo entre éstas a la región sureste peninsular) considerando, asimismo, la relativa a las actuaciones de tipo socioeconómico que determinan la aparición de factores de riesgo (nuevas políticas de subvenciones, prácticas agrícolas en superficies de fuerte pendiente, implantación de cultivos con altas exigencias hídricas que conllevan una fuerte demanda de riego, etc).

## METODOLOGÍA

Se ha considerado conveniente, para este estudio, la obtención de información bibliográfica a partir de tres bases de datos; las bases ICYT e ISOC, producidas por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que permiten recuperar la bibliografía correspondiente a los trabajos de investigación publicados en revistas científicas españolas de ciencias experimentales y de ciencias sociales respectivamente, y la base de datos *Science Citation Index* (SCI), producida por el *Institute of Scientific Information* (ISI), que permite recuperar la información bibliográfica correspondiente a trabajos publicados en revistas científicas de amplia difusión internacional. La información bibliográfica que se ha recuperado a partir de estas bases de datos corresponde a los trabajos publicados durante el periodo 1990-2000, ya que es durante este periodo cuando se ha producido un in-

cremento sensible de la producción científica española de interés en desertificación y cuando se ha llegado a una toma de conciencia general del carácter multidimensional de estos procesos.

La metodología seguida para el análisis de la información ha hecho necesario el desarrollo de una clasificación temática específica para este estudio. El criterio seguido ha sido el de poder asignar cada registro bibliográfico a un área temática y a una o más líneas temáticas específicas dentro de cada área. Los documentos se han asignado, a su vez, a la correspondiente área geográfica de riesgo estudiada (Sureste peninsular, Monegros, norte de Extremadura y La Mancha).

La clasificación temática desarrollada para el análisis de la información contempla cuatro niveles; el nivel I corresponde a la producción científica relativa a la **descripción del medio natural** (factores bióticos, abióticos), el nivel II corresponde a la producción científica relativa al **aprovechamiento de recursos y optimización del sector productivo** (factores antrópicos ligados a la explotación y gestión de recursos en los sistemas agropecuario y forestal). Los niveles I y II recogen, por tanto, la producción científica que representan los factores naturales y los de origen antrópico que, en conjunto, son posibles determinantes de los procesos de desertificación.

El nivel III corresponde a la producción científica relativa a la **identificación y análisis de problemas ambientales** (impactos causados por factores antrópicos y/o ambientales) y, por último, el nivel IV que corresponde a la producción científica relativa a las **intervenciones preventivas o correctoras de impactos y problemas ambientales**. Así, estos dos últimos niveles representan la producción científica relacionada con la lucha contra la desertificación.

Como se detalla a continuación, cada uno de estos cuatro niveles se subdivide en varias líneas o aspectos temáticos que, en conjunto, permiten abordar con detalle el análisis de la actividad investigadora en este ámbito.

### Nivel I Descripción del Medio Natural

En este nivel está representada la producción científica correspondiente a la investigación sobre los recursos naturales y los factores bióticos y abióticos presentes en cada una de las cuatro áreas geográficas consideradas.

La recuperación de esta información, a partir de las bases de datos consultadas, se ha realizado teniendo en cuenta el interés de la investigación científica desde el punto de vista de los procesos de desertificación y de los fenómenos y factores asociados a dichos procesos. Así, entre los trabajos de investigación correspondientes a elementos y factores bióticos quedan comprendidos aquellos referentes a la biodiversidad; fauna y flora de las áreas en cuestión, a la vegetación

y a los ecosistemas. Cabe señalar que los documentos clasificados en este nivel, y adscritos a estas temáticas, no son todos los referidos a zoología, botánica y ecología en sentido amplio, sino únicamente aquellos en los que se estudian los elementos bióticos y las relaciones entre éstos y el medio, en cuanto que son parte importante, como elementos característicos o indicadores de determinadas situaciones ambientales y climatológicas (especies, comunidades y biotopos propios de zonas áridas o semiáridas, asociaciones vegetales características de las áreas analizadas como consecuencia de actividades agropastorales, etc).

La paleoecología y paleobiología (botánica y zoológica) están presentes en este nivel por cuanto son disciplinas cuyo empleo permite el análisis de los elementos paleobióticos y las condiciones paleoclimáticas, lo que es esencial para conocer la evolución experimentada por un territorio determinado e identificar los factores determinantes de ciertas situaciones ambientales adversas o de riesgo.

Se incluyen asimismo los trabajos de investigación sobre el recurso agua (régimen hídrico, calidad de las aguas superficiales y subterráneas y evapotranspiración en condiciones naturales).

El elemento suelo es otro de los componentes esenciales representado en este nivel (fundamentalmente inventarios edafológicos y cartografías de suelos).

Quedan también representados otros tipos de investigaciones en el ámbito de la climatología (fundamentalmente a escala regional) y de la geología (geomorfología, sedimentología, etc).

También se consideran los trabajos de investigación dedicados al análisis y gestión del medio natural (ordenación territorial y protección de espacios naturales).

## **Nivel II. Aprovechamiento de recursos y optimización del sector productivo**

En este nivel está representada la investigación científica relacionada con la explotación de recursos con fines agrícolas, pecuarios y forestales, tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista político y socioeconómico. La producción científica clasificada en este nivel corresponde a aquellos trabajos básicamente relacionados con los conceptos de aprovechamiento y optimización del sector productivo.

Los distintos apartados o líneas temáticas incluidos en este nivel hacen relación a los recursos hídricos disponibles y a los distintos usos del agua, incluyendo la explotación y gestión del recurso, los sistemas de regadío y los procedimientos y redes de abastecimiento. Asimismo se contempla la explotación del recurso desde el punto de vista del desarrollo sostenible, incluyendo la investigación sobre riegos deficitarios

controlados y aprovechamiento de aguas residuales y del agua de lluvia.

El recurso suelo está, lógicamente, incluido como una línea de especial interés, fundamentalmente en lo que se refiere a los estudios de fertilidad.

La producción agrícola y hortofrutícola es el elemento clave de este nivel, y comprende fundamentalmente la producción científica relacionada con los sistemas y técnicas de cultivo, los aspectos económicos y los fitosanitarios.

En este marco queda también representada la investigación científica relacionada con el sector ganadero, prestándose especial atención al pastoreo y a la producción de forrajes.

Desde el plano socioeconómico, se contempla la investigación relacionada con la política agraria, forestal y ganadera, así como las relaciones entre el desarrollo del sector productivo y las poblaciones humanas, contemplándose el análisis de parámetros demográficos.

## **Nivel III Identificación y análisis de problemas ambientales**

Este nivel recoge la producción científica correspondiente a la investigación específicamente orientada al estudio de problemas ambientales, considerándose tanto aquellos que se derivan de un sistema inadecuado de explotación y gestión de recursos, como los que tienen un origen más vinculado a factores climáticos.

Se contempla la investigación dedicada específicamente a la evolución histórica de aquellos territorios que han sufrido o están actualmente en proceso de desertificación. Dichos estudios contemplan, por tanto, la evolución de variables paleoambientales y el desarrollo histórico de las prácticas forestales, agrícolas y ganaderas.

Desde un punto de vista más actual, se incluye la producción científica relacionada con las políticas agrarias desarrolladas a lo largo del siglo XX en nuestro territorio, y específicamente con aquellas acciones de origen antrópico que más impacto tienen desde el punto de vista de la degradación del agua y el suelo (abandono de cultivos, cambios en los usos del suelo, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, degradación de ecosistemas acuáticos y contaminación y degradación de suelos).

Una línea temática a la que se presta una especial atención es la correspondiente a los procesos erosivos y, estrechamente relacionada con ésta, la correspondiente a la degradación y pérdida de la cobertura vegetal.

Otros aspectos contemplados en este nivel, son los usos inadecuados del agua, considerando aquellas prácticas que han jugado un papel adverso en la calidad y disponibilidad del re-



curso (sobrexplotación de acuíferos, horticultura intensiva en zonas litorales que conducen a procesos de intrusión salina, desecación de humedales, etc).

Por último, se incluye la producción científica correspondiente al análisis de procesos de desertificación, incluyéndose aquí tanto los estudios en los que se identifican áreas o procesos de desertificación, se estudian sus causas, su evolución reciente y los posibles escenarios futuros, en un régimen de no intervención sobre los procesos.

#### Nivel IV Intervenciones preventivas y correctores de impactos ambientales

Este nivel representa la investigación científica dedicada a la prevención o/y corrección de impactos ambientales relacionados con los procesos de desertificación. Dicha producción científica hace referencia a la prevención frente a fenómenos meteorológicos adversos y a la puesta en práctica de medidas capaces de amortiguar los efectos negativos de factores de riesgo, tanto de origen natural como antrópico (protección del terreno y del paisaje), incluyéndose un apartado especial dedicado a los estudios preliminares de impacto ambiental, y otro dedicado a los ensayos de prácticas agrícolas y forestales en parcelas experimentales.

La corrección de impactos ambientales se refiere específicamente a las prácticas de regeneración de la cubierta vegetal y del suelo.

Un último aspecto, dentro de este nivel, es la política ambiental específicamente orientada a la conservación de espacios y ecosistemas naturales.

## RESULTADOS

### Valores globales de producción científica

El número total de documentos de interés en desertificación, que se refieren a las cuatro áreas geográficas objeto de estudio (considerando los registros bibliográficos obtenidos mediante consulta a las tres bases de datos, y para el periodo 1990-2000) es de 339.

Por regiones, la mayor parte de la producción científica corresponde al sureste peninsular (68,7% de los documentos censados), en menor medida, y casi con idénticos valores (aproximadamente el 13,4% en cada caso) La Mancha y el norte de Extremadura, mientras que la producción científica correspondiente a Los Monegros representa sólo el 4,4%.

Cabe señalar que la producción científica dedicada a los aspectos socioeconómicos, políticos y culturales, de interés en desertificación, se sitúa en torno al 12% de la producción total.

### Análisis temático de la producción científica

En las tablas I a IV se muestran los resultados del análisis temático, pormenorizado, sobre la producción científica

correspondiente a cada una de las regiones objeto de estudio. La información se ha clasificado conforme al esquema definido por los cuatro niveles descritos en el apartado de metodología y, a su vez, en sus diferentes líneas de actividad.

Conviene señalar la existencia de varios documentos que, por abordar diversos aspectos temáticos, han sido asignados a dos o más grupos o/y líneas temáticas. Por este motivo, la suma total de documentos correspondientes a los datos reflejados en las tablas de resultados es superior al número total de documentos reales.

### Indicadores de producción científica relativos a la descripción del medio natural

La información obtenida, y el análisis de la misma, permite asegurar que la mayor parte de la investigación científica de interés en desertificación (46,2% de la producción científica total, durante el período analizado) comprende trabajos de carácter descriptivo, entre los que cobran especial relevancia numérica los dedicados al estudio de elementos faunísticos y cobertura vegetal, a los estudios ecológicos y los dedicados al régimen hídrico, calidad de las aguas y factores hidrogeológicos.

Tabla I. Descripción del Medio Natural

	Sureste	Extremadura	Monegros	La Mancha
Fauna	13	2	54	7
Flora y vegetación	21	1	13	13
Ecología / Ecosistemas	11	17	8	1
Régimen hídrico	20	5	0	1
Calidad del agua	21	0	3	2
Suelos	11	1	2	1
Evapotranspiración en condiciones naturales	4	0	0	3
Análisis y gestión del medio natural	6	0	0	0
Paleobiología	8	0	1	6
Climatología	10	0	0	1
Geología	14	0	5	4

Desde el punto de vista territorial, el área más estudiada es la región sureste, donde la práctica totalidad de la producción científica corresponde a disciplinas experimentales del área de la Botánica, la Geología y la Hidrología (repartándose la producción, de forma similar entre el análisis del régimen hídrico y la calidad de las aguas).

La segunda área en cuanto a producción científica, es la de los Monegros (29,6% de la producción en este nivel). La escasa concentración de la producción científica sobre ecosistemas y recursos hídricos, la convierte en una zona sobre la que la atención de los investigadores se resume a inventarios y otros trabajos descriptivos de elementos de la flora y fauna regional. La investigación sobre suelos, así como sobre la calidad de las aguas y otros factores geológicos, es prácticamente testimonial.

Cabría señalar que los estudios de flora y fauna realizados en Los Monegros, responden mas bien al interés de los investigadores por el análisis de áreas naturales de difícil acceso y con limitada intervención antrópica.

Castilla-La Mancha es la tercera región en cuanto a concentración de producción científica de tipo descriptivo del medio natural. Las temáticas principales son la flora y vegetación, siendo la investigación sobre los otros aspectos incluidos en este nivel prácticamente testimonial.

Puede argumentarse que sobre esta región existe un buen conocimiento de los recursos naturales, climatología, régimen hídrico, etc, habida cuenta de la importante ocupación de suelo agrícola.

La región extremeña ha sido muy poco estudiada desde el punto de vista de la desertificación y los escasos trabajos de carácter descriptivo abordan, como era de esperar, los ecosistemas de dehesa.

### Indicadores de producción científica sobre aprovechamiento de recursos y optimización del sector productivo

La investigación sobre los sectores productivos ocupa el segundo lugar por producción científica, representando el 32,6% del total de publicaciones científicas detectadas en este estudio.

**Tabla II. Aprovechamiento de recursos y optimización del sector productivo**

	Sureste	Extremadura	Monegros	La Mancha
<b>Usos del agua:</b>				
gestión, regadíos	24	3	0	6
<b>Fertilidad de suelos</b>	0	0	0	0
<b>Producción agrícola o/y hortofrutícola</b>				
Técnicas de cultivo				
Análisis económico				
Plagas	76	7	4	9
<b>Desarrollo sostenible</b>				
Riegos deficitarios controlados				
Aprovechamiento de aguas	22	0	2	2
<b>Pastoreo, forrajes, ganadería</b>				
ganadería	0	15	0	0
<b>Política agraria</b>	3	2	2	2
<b>Socioeconomía / Desarrollo agrario</b>				
Desarrollo agrario	17	3	0	2
<b>Producción forestal / Silvicultura</b>				
Silvicultura	1	0	0	1

La mayor parte de la investigación realizada guarda relación con la producción agrícola y hortofrutícola (47% de los trabajos censados en este nivel), mientras que la producción forestal y la ganadera están mucho menos representadas.

En clara correspondencia con la producción agrícola, el es-

tudio del recurso del agua, tanto de su disponibilidad, usos y gestión, ocupa un porcentaje destacado.

Como en el apartado anterior, los esfuerzos en investigación se han concentrado en la región sureste peninsular, mientras que las otras regiones muestran cifras de producción muy inferiores, destacando únicamente las correspondientes a los estudios agropecuarios aplicados a los ecosistemas de dehesa extremeños.

### Indicadores de producción científica sobre identificación y análisis de problemas ambientales

La producción científica sobre estos aspectos representa el 16% del total. En este nivel, juega un papel fundamental la investigación sobre problemas ambientales que son consecuencia directa de acciones antrópicas y la asociada al estudio de procesos erosivos, la degradación y pérdida del suelo y de la cubierta vegetal, así como sobre la contaminación de aguas.

**Tabla III. Identificación y análisis de problemas ambientales**

	Sureste	Extremadura	Monegros	La Mancha
<b>Análisis históricos y paleoambientales</b>	3	0	0	1
<b>Acción antrópica</b>				
Abandono de cultivos				
Nuevos usos del suelo				
Contaminación de aguas				
Contaminación de suelos	35	3	0	12
<b>Erosión</b>	19	3	3	1
<b>Alteraciones de la cubierta vegetal</b>				
Desertificación	7	0	0	3
<b>Usos inadecuados del agua</b>				
Desertificación	2	0	1	0
Usos inadecuados del agua	2	0	0	4

Como en los casos anteriores, la mayor parte del esfuerzo investigador se ha concentrado en las áreas desertificadas del sureste (69% de la producción científica en este nivel).

Por el contrario, los análisis históricos y paleoambientales, y en general el análisis de elementos causales remotos, antropogénicos o no, están muy escasamente representados. De hecho, los estudios sobre los usos del agua y sobre la política agraria son testimoniales, como lo son también los estudios multifactoriales de desertificación.

### Indicadores de producción científica sobre intervenciones preventivas o correctoras de impactos ambientales

Resulta particularmente alarmante el muy escaso número de trabajos de investigación dedicados a estos aspectos (5,2% de la producción científica total analizada).

El único conjunto de trabajos numéricamente representativo es el correspondiente a las preparaciones del terreno y reforestaciones, dedicado, casi en exclusiva, a la región Sureste.

**Tabla IV. Intervenciones preventivas o correctoras de impactos ambientales**

	Sureste	Extremadura	Monegros	La Mancha
Prevención de avenidas	1	0	0	0
Preparación del terreno y reforestaciones	13	0	0	0
Regeneración de suelos	0	0	1	0
Protección del paisaje	1	0	1	1
Restauración de impactos	3	1	0	2
Estudios preliminares de impacto ambiental	3	1	1	0
Ensayos agrícolas en parcelas experimentales	0	0	0	0
Política ambiental / Espacios protegidos	2	1	0	1

### Comentario final

Los indicadores de producción científica aportados en este estudio permiten una aproximación realista a la atención prestada, desde el ámbito de la investigación científica, a las áreas más sensibles de nuestro territorio y a las diferentes disciplinas y líneas de actividad de interés en desertificación. Es evidente que el buen conocimiento de los orígenes y la evolución de los procesos de desertificación deben sustentarse sobre una sólida base de conocimientos del medio natural y de la utilización de los recursos y que en estos aspectos, la actividad investigadora realizada hasta el momento en nuestro país, si bien no puede considerarse óptima, si ha sido suficiente para conocer la dinámica de los factores físicos y bióticos implicados en dichos procesos. Por el contrario, los resultados de este estudio vienen a confirmar la escasa atención prestada desde el plano investigador al análisis de las variables socioeconómicas implicadas en la utilización de los recursos y en la gestión del territorio.

Por otra parte, el estudio pone de manifiesto la necesidad de paliar la falta de correspondencia entre la intensa actividad investigadora dedicada a la región sureste peninsular, con la dedicada a otras áreas con especial riesgo de desertificación.

La mayor parte de la investigación realizada en este ámbito se centra en el análisis de la dinámica de los procesos erosivos y de los efectos de los mismos en la capacidad productiva. Muy escasa atención se ha prestado a los aspectos históricos y paleoambientales, en definitiva, a los orígenes o causas remotas, antropogénicas y de otra naturaleza, de los procesos de desertificación.

A tenor de los resultados obtenidos en este estudio, resulta particularmente preocupante la muy escasa atención prestada a la investigación sobre las actividades correctoras de impactos ambientales asociados a la desertificación y, muy especialmente, la dedicada al diseño, aplicación y valoración de medidas preventivas.

Poniendo la atención en las áreas de riesgo señaladas por los especialistas (Zonas del Sureste peninsular, Monegros, La Mancha y norte de Extremadura), y teniendo en cuenta los principales factores adversos detectados, cabe destacar la casi inexistencia de bibliografía científica sobre el impacto esperable de las prácticas agrícolas de riesgo, con frecuencia influidas por necesidades del sector ganadero. Urge por tanto, considerar el análisis de la dinámica de estos sistemas, contando para ello con los resultados de otras experiencias documentadas y considerando las previsiones de crecimiento del sector agrario en estas áreas.

La detección de estas carencias de producción científica deberían servir para impulsar la investigación y para fomentar una toma de conciencia que permita anticiparse a posibles escenarios adversos. En este sentido, se puede afirmar que es necesario ahondar en el conocimiento de la posible evolución del territorio, así como difundir los resultados y recomendaciones de los estudios para que los responsables de políticas agrarias y ambientales cuenten con la información realmente necesaria para una mejor planificación y gestión de los recursos. La investigación científica resulta aquí imprescindible para identificar y controlar aquellos factores, y las posibles sinergias entre los mismos, que puedan producir sobre estas áreas unos efectos de carácter irreversible, tanto desde el punto de vista biológico y físico como socioeconómico. ■

### BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez-Osorio J.R., et al. (1997) Análisis de la producción científica española en ecología y medio ambiente 1989-1993. *Revista Española de Documentación Científica* 20(4), 367-375.
- Martín M.J., Plaza L.M., Rey J., Puigdefábregas J., Garrido E. (1999) Integration of the scientometric analysis into strategic information research: an application to the assessment of desertification in Spain. *Proceedings of the 7<sup>th</sup> Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics (ISSI), Mexico*, 582-584.
- Martín M.J., Plaza L.M., Rey J. (2000) A survey of scientific information on desertification in Spain. *SURMODES. Registered Project of the EXPO 2000 Hannover World Exposition*.
- Plaza L.M. (1998) The use of multiple databases in the assessment of research. An application in the field of plant science. *Scientometrics* 43(2), 299-304.
- Puigdefábregas J., Mendizábal T. (1998) Perspectives on desertification: western mediterranean. *Journal of Arid Environment* 39, 209-224.
- Rojo Serrano L. (1996) Programmes of national agencies for the mitigation of desertification in Spain. In *Actions taken by National Governmental and Non-Governmental organisations to mitigate desertification in the Mediterranean*. In Thornes and Burke (eds.) *First draft. Dep. Geography, King's College London*, 307p.
- Rubio J.L., Calvo A. (eds) (1996) Soil degradation and desertification in Mediterranean environments. Geoforma Ediciones, Logroño, España.

# Proyecto de I+D para la conversión a etanol de mezclas de biomasa del cultivo de maíz y “Distiller Grain and Solubles” DGS

**AUTORES:** GERSON-SANTOS LEÓN

Director de I+D de Abengoa Bioenergía

FRANCISCO RONDA

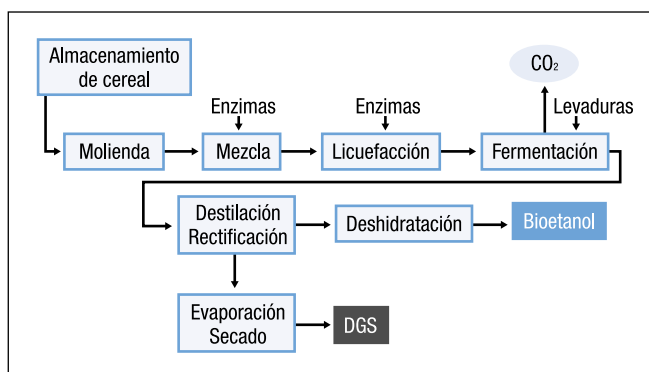
Director de Proyectos de I+D de Abengoa Bioenergía

IÑAKI MIELGO IZA

Dr. Ingeniero Industrial en Bioingeniería

de Abengoa Bioenergía

En los últimos 20 años, los procesos de producción de bioetanol han experimentado avances significativos tanto económicos, operativos y tecnológicos haciendo así que este combustible sea una alternativa de futuro competitiva frente a los tradicionales combustibles fósiles. Abengoa con dos plantas en operación en Europa y tres en los Estados Unidos se ha convertido en uno de los principales productores mundiales de bioetanol. Fruto de los esfuerzos y del interés por la constante innovación ha sido un contrato firmado entre el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE) y Abengoa Bioenergy R&D para el desarrollo del proyecto “Advanced Biorefining of Distiller’s Grain and Corn Stover Blends: Pre-Commercialization of a Biomass-Derived Process Technology” que está dotado de un presupuesto total de 35.5 millones dólares y una contribución por parte del Departamento de Energía de 17.7 millones de dólares.

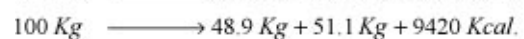
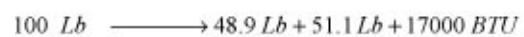
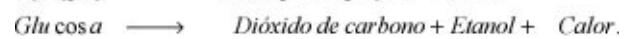
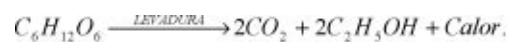


**Figura 1:** Esquema del proceso industrial para la obtención de bioetanol

Los biocarburantes como el bioetanol ayudarán a incrementar la seguridad de los suministros energéticos de los países ya que pueden producirse dentro del propio país, mejorando el desarrollo sostenible. Otra ventaja de este combustible es la reducción neta de emisiones de CO<sub>2</sub>, reduciéndose de este modo el llamado efecto invernadero, estrategia aprobada en la pasada cumbre de Kioto. Para

cumplir con estos objetivos la Comisión Europea ha fijado unas proporciones de biocarburantes en el mercado de 2% al final del 2005 y de 5.75% para finales del 2010.

La fermentación alcohólica es un proceso conocido y empleado desde hace siglos. La estequiometría de la reacción es la siguiente:



Sin embargo, en las plantas industriales de producción de bioetanol se está lejos de alcanzar resultados cercanos a los máximos teóricos de conversión. El objetivo principal del proyecto y del esfuerzo de Abengoa Bioenergy R&D será estudiar todas las etapas y reacciones necesarias para alcanzar los objetivos en la mejora del rendimiento.

Un de los objetivos del proyecto es convertir a etanol el almidón y los azúcares residuales que no son totalmente transformados en los procesos actuales, tras las 60 horas de fermentación. Del mismo modo se pretende estudiar tecnologías que permitan hidrolizar un porcentaje de la celulosa y la hemicelulosa (estas dos últimas componentes mayoritarios de la fibra del cereal) para su uso como fuente de carbono durante la fermentación, y de este modo complementar y mejorar los rendimientos de los procesos. Dado el aumento previsto en la demanda de bioetanol a nivel global, habrá en consecuencia un aumento en la demanda de cereales, por lo que será necesario utilizar otras materias primas como la biomasa o los residuos agrícolas. La combinación de las tecnologías actuales y las que se encuentran en desarrollo serán la clave para la creación de puentes entre los procesos tradicionales basados en cereales y los procesos del futuro basados en la utilización de biomasa.

El proyecto pretende desarrollar tecnologías eficientes y flexibles para que futuras plantas de bioetanol puedan procesar grano más biomasa con rendimientos económicamente favorables.

El proyecto esta compuesto por varias fases la primera de ellas se esta llevando a nivel de investigación y desarrollo básico pasando por la demostración de las dife-



rentes fases del proceso a diferentes escalas (laboratorio y planta piloto).

Cada ensayo y prueba se analizará de manera rigurosa, y, antes de extrapolar los resultados del laboratorio a la planta piloto, se procederá a su evaluación tanto técnica como de viabilidad económica.

En Abengoa Bioenergía creemos firmemente que los recientes resultados obtenidos en diferentes investigaciones y el creciente impulso en el desarrollo de nuevas enzimas y biocatalizadores, permitirán lograr la utilización conjunta de cereales y biomasa para la producción de etanol y alcanzar así los objetivos establecidos.

## 1. TECNOLOGÍA

El maíz tiene cuatro componentes principales: almidón, proteína, grasas y fibra. En el proceso de obtención de etanol que usamos en nuestras plantas, una parte importante del almidón es hidrolizado para convertirlo en azúcares que son posteriormente fermentados a etanol por medio de levaduras. Sin embargo, existe otra parte denominada almidón residual que por los métodos tradicionales no es posible convertir a etanol. Este tipo de almidón se encuentra presente en el cereal pero también se forma durante las etapas de cocción y posterior licuefacción, se encuentra condensado de forma helicoidal y no puede ser degradado y reducido a moléculas de glucosa o maltosa vía enzimática. Este almidón residual supone aproximadamente el 10% del almidón total.

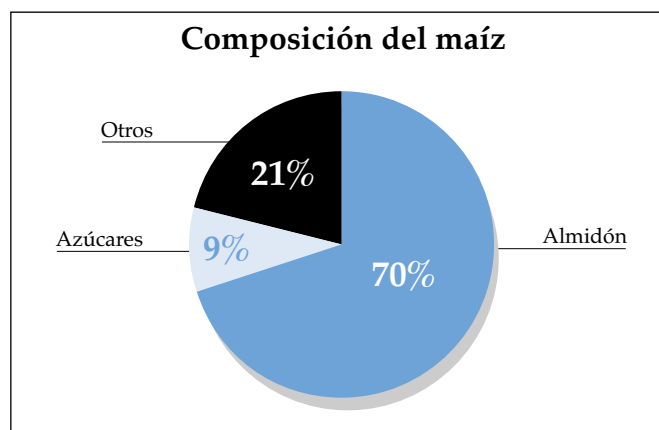


Figura 2: Composición general del grano de maíz

Por otra parte, el DGS, subproducto obtenido después de la fermentación del almidón, integra todos los constituyentes que no han sido transformados a etanol y que básicamente son proteínas, fibras y grasas, además del almidón no convertido. El DGS en estos momentos se ha convertido en un coproducto de gran aceptación por su origen vegetal que es usado básicamente como complemento nutricional en el ganado bovino, tanto para la producción de

leche como para la de carne. Por sus características nutricionales y dado su alto contenido en fibra, el DGS tiene limitado su uso en el ganado bovino, por lo que uno de los objetivos que se lleva persiguiendo es abrir el abanico de su utilización en el mercado de los monogástricos y poder así darle un mayor valor añadido, como puede ser el sector avícola o el porcino. El subproducto que pretendemos obtener tras la implementación de la tecnología de conversión del almidón residual en nuestras plantas tendrá un menor contenido en fibra y, por tanto, un porcentaje mayor en proteínas y aminoácidos y según los expertos en nutrición animal estos son los parámetros más importantes para la mejora de la calidad del DGS.

El cultivo del maíz genera una cantidad importante de residuo agrícola (cañas, hojas y mazorca, en inglés "Corn Stover") que en estos momentos queda en el campo, siendo utilizado como aporte de materia orgánica para el suelo. Sin embargo, una parte sustancial de estos residuos podrían ser recogidos y utilizados como materia prima para la producción de bioetanol. Los carbohidratos que constituyen la biomasa, y en concreto el residuo del cultivo del maíz, están básicamente divididos en dos clases: celulosa y hemicelulosa. La celulosa está compuesta por monómeros de glucosa con enlaces  $\beta$  1,4 (Hexosas  $C_6$ ) mientras que la hemicelulosa lo está por fundamentalmente monómeros de xylosa (Pentosas  $C_5$ ).



Figura 3: Composición de la caña de maíz

### Composición del "Corn Stover"

Celulosa:	43%
Hemicelulosa:	30%
Lignina:	17%
Otros:	10%

Los procesos actualmente desarrollados permiten una hidrólisis relativamente sencilla de los azúcares  $C_5$ , sin embargo, no permiten su conversión a etanol ya que no son azúcares fermentables mediante levaduras convencionales. Por el contrario, los azúcares  $C_6$  existentes en la celulosa son difíciles de hidrolizar y requieren condicio-

nes de proceso más severas pero sin embargo su fermentación para producir bioetanol es posible mediante levaduras.

## 2. EL PROYECTO

El proyecto se centra en el desarrollo de estos objetivos y da respuesta a los problemas enunciados anteriormente: conversión del almidón residual, creación de un nuevo DGS con mayor contenido en proteínas y menor contenido de fibras y producción de bioetanol a partir de la biomasa.

El proyecto se llevará a cabo en dos fases.

**Fase I:** Mejora del rendimiento en la producción de bioetanol mediante la conversión del almidón residual.

**Fase II:** Conversión del DGS y Residuo del Maíz a bioetanol.

Este proyecto tiene una duración de cuatro años y será liderado por Abengoa Bioenergy R&D, en colaboración con Novozymes North America, VTT-Finland y National Renewable Laboratory. Las responsabilidades de cada socio son las siguientes:

- Abengoa Bioenergy R&D: Gestión de todo el proyecto, conversión del almidón residual, diseño, evaluación económica, construcción y operación de la planta piloto, escalado comercial e implantación en las plantas existentes.
- NREL: Pretratamiento de la fibra contenida en el DGS y residuos agrícolas de maíz para conversión a azúcares elementales e hidrólisis enzimática.
- Novozymes N.A.: Desarrollo y optimización de enzimas para la hidrólisis de la celulosa.
- VTT: Desarrollo de biocatalizadores para la fermentación eficiente de los azúcares  $C_5$  y  $C_6$ .

### 2.1. Fase I

Desde el punto de vista teórico, un bushel de maíz (25,2 kg) podría producir 3,02 galones de etanol (12,1 l), sin embargo, los rendimientos medios de la industria están en el entorno de 2,60 gal/bu. El objetivo que perseguimos es llegar a tener un rendimiento de conversión del 95%, lo cual significaría obtener 2,90 gal/bu.

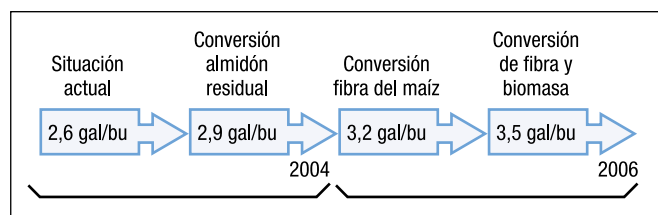


Figura 4: Diagrama de los objetivos del proyecto y su duración.

Para obtener esta mejora, deberemos analizar qué mecanismos afectan a la conversión, evitar que haya almidón no hidrolizado y finalmente optimizar la fermentación pa-

ra que el crecimiento celular y la formación de otros subproductos sea mínima.

En este sentido, las etapas del proceso que serán objeto de estudio dentro de la primera fase del proyecto son:

1. Evaluación de los procesos de licuefacción existentes, con objeto de tener un mayor conocimiento de la conversión de almidón en nuestras plantas y cuantificar la formación de hidratos de carbono no fermentables. Para ello, se llevará a cabo un exhaustivo análisis del almidón tras las diferentes etapas del proceso.

2. Evaluación de la influencia de los parámetros de operación en licuefacción sobre la conversión de almidón en azúcares fermentables, tales como la temperatura, la presión, el pH y el tiempo de residencia.

3. Evaluación de los procesos actuales de hidrólisis y fermentación, con objeto de determinar la eficiencia de las enzimas y levaduras utilizadas. Ello establecerá una línea de base, tanto para la formación de etanol, como para la formación de subproductos y almidón no convertible o residual. Lo cual permitirá establecer un balance de materia y carbono preciso a lo largo de todo el proceso de producción.

4. Estudio del efecto de nuevos complejos enzimáticos sobre el almidón no convertido, con objeto de evaluar el potencial incremento en el rendimiento a través de recientes avances en el campo enzimático. En este sentido, se evaluará la utilización de enzimas disponibles a nivel comercial y su efecto sobre las estructuras de almidón no convertible, en particular, se ensayarán con nuevas proteasas, beta-glucanasas, celulasas y glucoamilasas.

5. Evaluación del efecto del tamaño de grano durante la molienda del cereal sobre los procesos de licuefacción e hidrólisis.

La información obtenida de los estudios anteriores permitirán cerrar un balance de masas y carbono a través de los procesos unitarios más importantes, identificar las etapas donde los hidratos de carbono dejan de estar disponibles para la fase de fermentación y determinar las pérdidas en procesos metabólicos competitivos o ineficientes durante la fermentación.

Basándose en las conclusiones obtenidas, se establecerán las mejores estrategias desde el punto de vista técnico y económico, evaluando las potenciales modificaciones en las instalaciones, en los parámetros operativos o en las enzimas y levaduras utilizadas.

Las estrategias seleccionadas serán implementadas en la planta piloto, al objeto de corroborar su eficiencia antes de ser trasladadas a las plantas industriales.

## 2.2. Fase II

La fase dos es mucho más ambiciosa y por tanto más difícil. En esta fase lo que buscamos es que la fibra contenida en el DDGS sea transformada en etanol. Para ello, buscaremos las condiciones ideales para hidrolizar la fibra en sus azúcares  $C_5$  y  $C_6$  y convertirlos a bioetanol.

El residuo agrícola del maíz y el DGS en proporción 20/80 se someterán a un pretratamiento con ácido sulfúrico diluido y vapor para liberar los azúcares  $C_5$ . Una vez acondicionada la mezcla en presión y temperatura, se procederá a la hidrólisis enzimática de la fracción celulósica de la mezcla y posteriormente se fermentarán tanto los azúcares  $C_5$  como  $C_6$  para producir bioetanol.

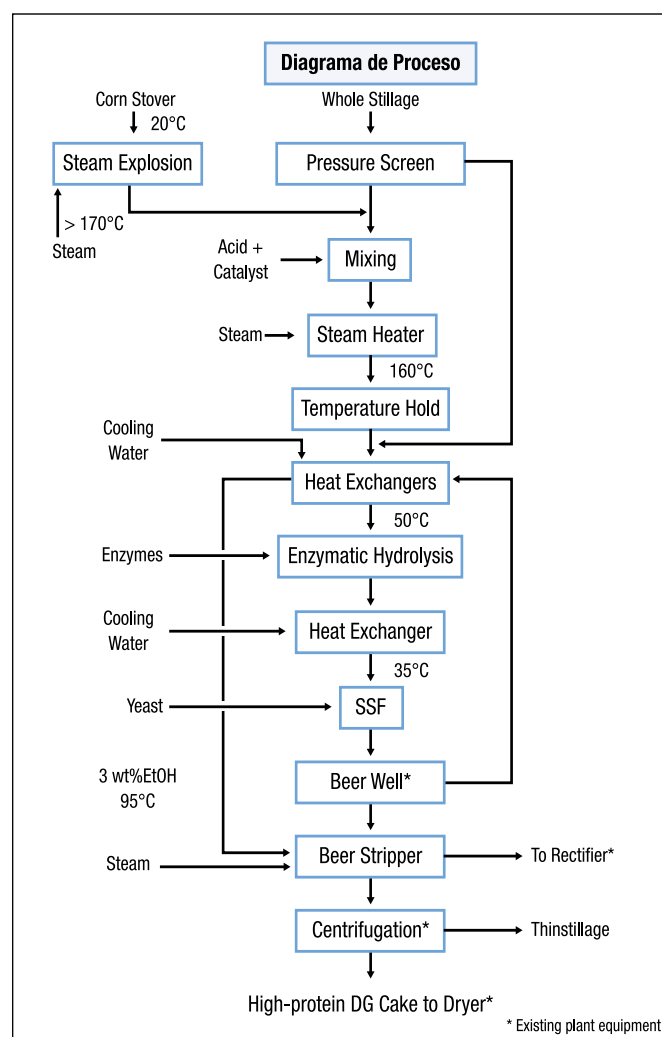


Figura 5: Diagrama de bloques para la producción de Bioetanol a partir de la utilización de la fibra contenida en DGS

En esta fase, nuestro objetivo será llegar hasta un rendimiento en la producción de bioetanol de 3,20 gal/bu.

Experimentos previos llevados a cabo por el NREL, establecen que el pretratamiento del DGS con ácido diluido y vapor permite solubilizar entre un 40 y un 60% de glucanos y xilanos, llegando a obtener entre el 30 y el 50% de

monómeros  $C_6$  y  $C_5$ . Asimismo, dicho proceso permite incrementar el contenido proteico del DGS pretratado hasta el 40%, lo cual permitiría su aplicación en alimentación avícola y porcina. Uno de los inconvenientes de este proceso es el manejo, separación y secado del producto obtenido, dado que la conversión parcial de la fibra disminuye considerablemente la consistencia del mismo. La utilización conjunta de residuos de maíz y DGS persigue la obtención de un DGS con alto valor nutricional y de consistencia adecuada y, por otra, incrementar la producción de etanol en un 15% mediante la fermentación de las hexosas generadas o hasta un 22% a través de la fermentación conjunta de las hexosas y pentosas.

En este sentido, los trabajos que se llevarán a cabo dentro de la segunda fase del proyecto van dirigidos a:

1. El análisis de los parámetros de operación del pretratamiento que permitan una alta conversión en azúcares u oligosacáridos solubles y que eviten una degradación de las proteínas presentes en el DGS. Para ello, se analizarán preferentemente condiciones a baja temperatura y concentraciones de ácido, que disminuyan la severidad del proceso y la formación de productos de la reacción Maillard.
2. Evaluación del valor nutricional del DGS obtenido y realización de pruebas de alimentación animal reales.
3. Desarrollo de complejos enzimáticos económicamente eficientes que permitan la conversión de los oligosacáridos solubles y la conversión parcial de la celulosa insoluble para la obtención de azúcares fermentables.
4. Conversión de pentosas a etanol y/o proteínas de alta calidad, mediante la utilización de levaduras que permitan la fermentación directa de pentosas o la fermentación de xilosa-isomeras y glucosa.
5. Desarrollo de sistemas de manejo, separación y secado del DGS resultante, de cara a su comercialización para alimentación animal.

Los trabajos anteriores se realizarán a escala semi-piloto con objeto de identificar los parámetros de operación óptimos para maximizar la producción de bioetanol y el valor nutricional del DGS que se genere. Asimismo, se definirán las enzimas o qué combinación se debe utilizar para la hidrólisis de la celulosa, y se desarrollarán nuevas levaduras capaces de fermentar conjuntamente las hexosas y las pentosas.

Una vez optimizado el proceso, se procederá al diseño y construcción de una planta piloto que permita la experimentación en condiciones más cercanas a la realidad industrial. Esta planta se situará en nuestras instalaciones existentes en York, Nebraska. ■

# Las Antenas de Espacio Lejano (DSA) de la Agencia Europea del Espacio (ESA)

**AUTOR:** VALERIANO CLAROS

*Director de la Estación de Seguimiento de Satélites de la Agencia Europea del Espacio (ESA de Villafranca del Castillo (Villanueva de la Cañada, Madrid) y Representante de ESA en Australia del Oeste desde 1999 a 2002.*

## INTRODUCCIÓN

En el año 1998 la Agencia Europea del Espacio (ESA) decidió comenzar el establecimiento de su propia red para el seguimiento de satélites en el espacio lejano, ya que el número de sus misiones científicas con sondas interplanetarias iba a ir aumentando y con ello, sus necesidades de comunicación con el espacio lejano. La decisión fue fundamentalmente debida a la gran carga de trabajo que tenía la Red de Estaciones del Espacio Lejano de JPL/NASA (Goldstone en California, Robledo de Chavela en Madrid y Canberra en Australia), que desde siempre venía colaborando en este tipo de misiones con ESA, permitiendo el seguimiento de sus sondas (GIOTTO, ULYSSES, SOHO, HUYGENS, etc.) en el espacio lejano y con ello, el desarrollo del programa científico de la ESA.

La red DSA comenzó con la instalación de una primera antena en Nueva Norcia, Australia. Continúa con una segunda estación de espacio lejano en Cebreros, (Ávila), cuya instalación se hace posible mediante acuerdo de ESA con el Reino de España firmado en Julio de 2003. Este artículo pretende ser una pequeña historia del establecimiento de estas dos primeras estaciones de ESA para el seguimiento de satélites en el espacio lejano, así como sus principales características y misiones a las que van estar dedicadas

## CONSTRUCCIÓN DE LA ANTENA

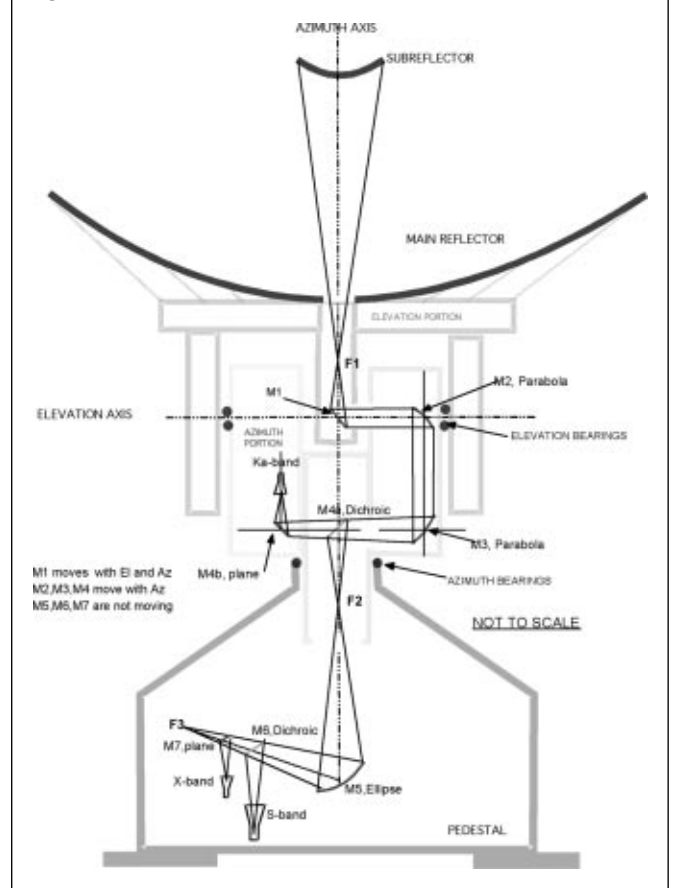
### DE ESPACIO LEJANO (DSA)

#### EN NUEVA NORCIA

La Antena de Espacio Lejano (DSA) en Nueva Norcia, es la mayor de la red de estaciones terrenas de la ESA (ESTRACK) y se opera por control remoto desde el Centro de Control Europeo de Operaciones Espaciales (ESOC) en Darmstadt, Alemania. La antena consta de un reflector parabólico de 35 metros de diámetro, montado sobre un pedestal móvil y con un sistema de guiado del haz de ondas sin las características de las guías de ondas metálica: las señales de radio frecuencia se reciben y transmiten mediante espejos como se muestran en la figura 1.

Además, está equipada con amplificadores criogénicos de bajo ruido (LNA), para la banda S (2200-2300 GHz) y la

Figura 1. Layout of Antenna Beam Waveguide



banda X (8400-8500 GHz); y con amplificadores de alta potencia (HPA) de 20 Kilowatios en banda S (2025-2120 GHz) y en banda X (7145-7235 GHz). Finalmente, es capaz de recibir y transmitir señales de los satélites situados a una distancia de 900 millones de kilómetros de la Tierra. En el futuro, se espera que la antena lleve incorporada amplificadores de la banda Ka (31800-33200 GHz).

La primera Antena de Espacio Lejano, con un coste de 28 millones de Euros, comenzó a construirse en Nueva Norcia en el año 2000 y se terminó a mediados del 2002.

El orden cronológico de actividades fue el siguiente:

- El 2 de Marzo de 2000, ceremonia de colocación de la primera piedra presidida por el Ministro de Planificación del Oeste de Australia, y el Director de los Servicios Técnicos y de las Operaciones de la ESA..

- En Agosto de 2001, se llevó a cabo, tras una operación relativamente compleja, el levantamiento del reflector y el subreflector de la antena.





Construcción de la estación de espacio profundo en Nueva Norcia.

- En julio de 2002, se terminó de construir el edificio de operaciones, la planta eléctrica, la carretera de acceso, el tendido eléctrico, el depósito de agua y el sistema de protección contra incendios.

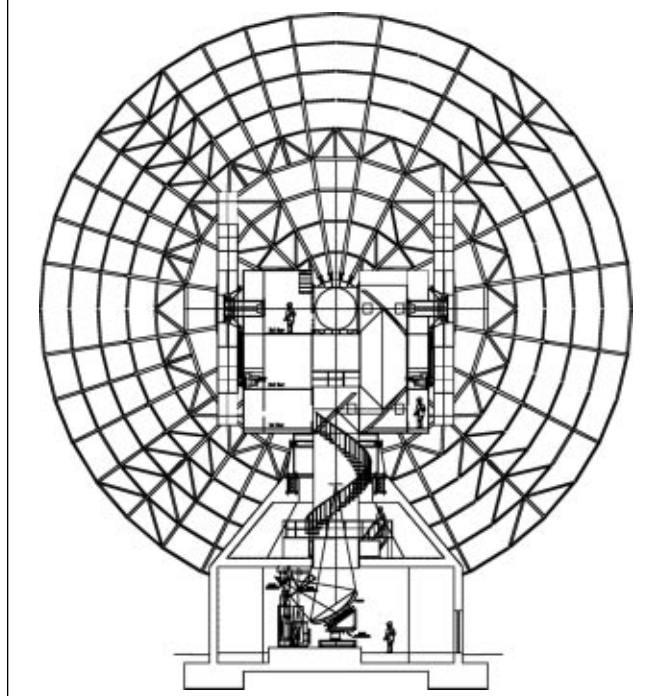
- Entre 7 y el 11 de junio de 2002, se consolidó la puesta a punto de la antena al realizar con éxito, en una operación conjunta con la NASA/JPL, la maniobra de dirigir la antena

hacia su satélite STARDUST, que se encontraba a 2.1 unidades astronómicas (aproximadamente 315 millones de kilómetros) de la Tierra.

- Septiembre de 2002, aceptación de la estación por el departamento de Ingeniería de ESA y su transferencia al departamento de Operaciones.

- Noviembre de 2002, la Estación de Espacio Lejano se declara plenamente operativa.

Figura 2. Vista posterior del reflector parabólico de 35 metros de diámetro en Nueva Norcia.



## LA SEGUNDA ESTACIÓN DE ESA

### PARA EL SEGUIMIENTO DE SATÉLITES

#### EN EL ESPACIO LEJANO

Una red de estaciones de espacio lejano requiere tres estaciones situadas en el globo terráqueo separadas por aproximadamente 120° de Longitud.

Al terminar la estación de Nueva Norcia con tan excelentes resultados, ESA ha aprobado la instalación de la segunda estación de esta posible red y para ello, lo mismo que en Australia, ha buscado un lugar donde ya tuviese establecida una estación terrena para facilitar que el equipo de técnicos de la estación existente pueda también hacer el mantenimiento de la nueva estación. Por ello se pensó en la estación de Villafranca del Castillo (Villanueva de la Cañada, Madrid), pero, al igual que en Perth, las autoridades españolas responsables del espectro radioeléctrico (SETSI) expusieron las dificultades existentes para autorizar su establecimiento en un área tan cercana a zonas urbanas por las

implicaciones que las potencias de transmisión requeridas pudiesen tener sobre la futura red de repetidores para los teléfonos móviles de tercera generación (IMT200).

Después de numerosos meses de conversaciones y negociaciones entre el Ministerio de Asuntos Exteriores, el Ministerio de defensa representado por el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), el Ministerio de Ciencia y Tecnología representado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) y la Secretaría de Estado de telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SET-SI) y la Agencia Europea del Espacio (ESA) para la búsqueda de un emplazamiento adecuado, el Consejo de Ministros autorizó, el 20 de junio de 2003, la firma de un Convenio entre el Reino de España y la Agencia Europea del Espacio (ESA) para el establecimiento de la segunda Estación de Espacio Lejano en Cebreros (Ávila).

España ha cedido en arrendamiento durante 75 años a la ESA los terrenos propiedad del Ministerio de Defensa que constituían la antigua estación de NASA/JPL DSS-62 (ver foto inferior).



El Convenio fue firmado el 22 de julio de 2003, por los Secretarios de Estado de Política Científica y Tecnológica y de Defensa, y por el Director General de ESA, Jean-Jacques Dordain, y ha sido publicado por el Boletín Oficial del Estado (BOE Núm. 240 de 7 de octubre de 2003).

La acogida que ha tenido el proyecto de parte de las autoridades de la Comunidad de Castilla y León, así como las del Ayuntamiento de Cebreros ha sido excelente. Ello ha permitido que las obras para el desmantelamiento de la antigua antena ya hayan concluido y que la instalación de la nueva antena, así como la remodelación de los edificios de operaciones y planta eléctrica, se comiencen en las próximas semanas. Se espera por ello que la estación esté operativa a finales del verano de 2005, para poder hacer el seguimiento de la primera Misión a la que se va a dedicar: VENUS EXPRESS.

Las antenas de Nueva Norcia y Cebreros son prácticamente idénticas, siendo la mayor diferencia entre ellas, que la

de Cebreros no tendrá instalado sistema de recepción y transmisión en banda S sino sólo de la Banda X, sin embargo sí tendrá instalado el sistema de recepción de banda Ka.

## MISIONES CIENTÍFICAS DE LA ESA

### PREVISTAS PARA LAS ESTACIONES

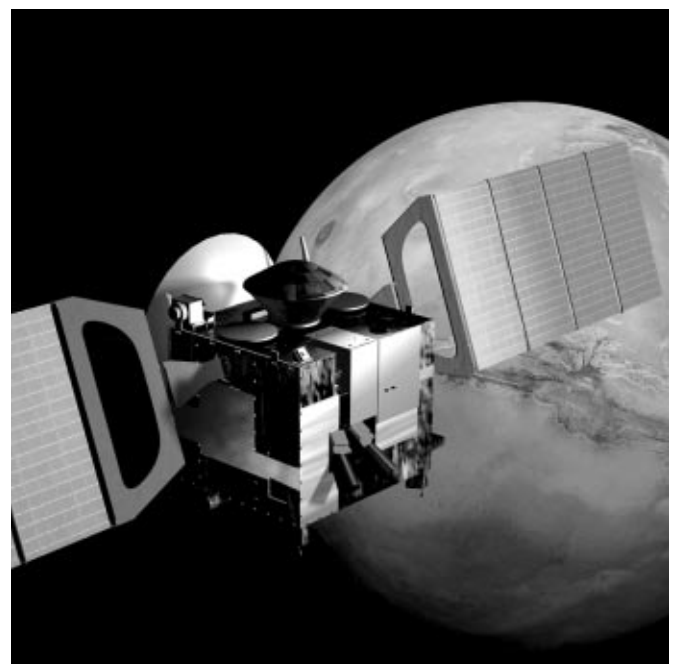
#### DE NUEVA NORCIA Y CEBREROS

A medio y corto plazo, las misiones que se seguirán con las antenas de Espacio Lejano de ESA son:

#### MARS-EXPRESS

El satélite MARS-EXPRESS se lanzó el 2 de junio de 2003 con un cohete Soyuz y está previsto que llegue al planeta Marte en la Navidad de 2003. Esta misión marca el comienzo de una nueva era en la exploración planetaria Europea, puesto que es el primer satélite que la Agencia Europea del Espacio envía a un planeta del sistema solar.

El principal objetivo de esta misión es efectuar un estudio global del planeta Marte, incluyendo la búsqueda de agua a varios kilómetros bajo su superficie. La nave MARS-EXPRESS transporta un robot - llamado Beagle 2 - que se posará en la superficie marciana. Lleva a bordo siete instrumentos científicos diseñados para obtener información sensible de la atmósfera del planeta, de su estructura y geología. Este vehículo-robot efectuará una serie de experimentos con sensores remotos sobre exobiología y geoquímica, enviando los datos a la órbita del satélite MAR-EXPRESS que, a su vez, los retransmite a la antena de Espacio Lejano en Nueva Norcia. El Beagle 2 es una oportunidad fascinante para Europa ya que contribuye a la búsqueda de vida en el Planeta Marte.

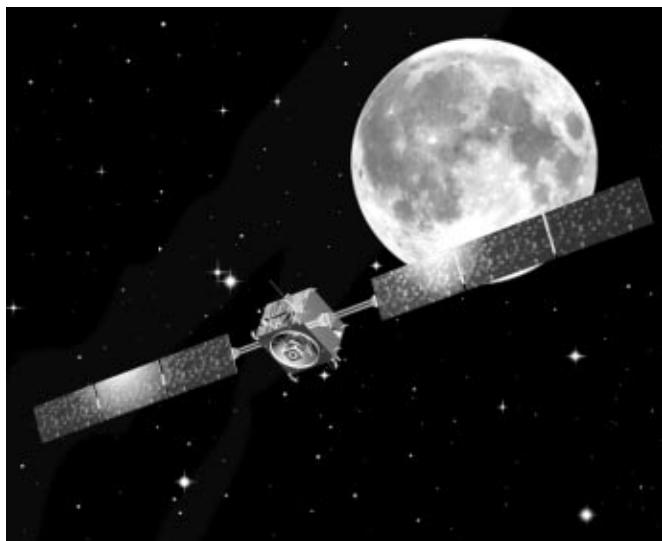


Mars Express



### SMART-1

El satélite SMART-1 es el primero de una serie llamada "Small Missions for Advanced Research in Technology" (Pequeñas Misiones para la Investigación de Nuevas Tecnologías), cuyo propósito es probar nuevas tecnologías en las futuras misiones de la ESA.



Smart-1

El principal objetivo de esta misión es realizar pruebas de vuelo con nuevos motores iónicos alimentados por energía solar (diez veces más eficaces, aunque con un empuje menor que el del sistema químico, pero muy eficaz si se viaja a grandes distancias), y desarrollar nuevas tecnologías para la transmisión/recepción de datos y medidas de distancia en altas frecuencias (banda Ka).

El SMART-1 fue puesto en órbita por el cohete Ariane 5 desde la base de lanzamiento Europea en Kourou (Guayana Francesa) el pasado 28 de Septiembre. El Ariane 5 llevó al satélite SMART-1 a una órbita de transferencia y, desde allí, mediante propulsión iónica, está siendo transferido a la órbita lunar. Esta maniobra supone un gran desafío técnico, puesto que los expertos tienen que valerse de la gravedad lunar para impulsar una serie de movimientos hasta colocar el satélite en la órbita lunar. Dichas maniobras se realizarán desde el Centro de Control de las Operaciones de la ESA (ESOC) en Darmstadt, Alemania, usando la antena de Espacio Lejano de Nueva Norcia (DSA). También se usarán otras antenas más pequeñas de la red de estaciones terrestres de la ESA: Kourou, Maspalomas y Villafranca.

Entre las investigaciones científicas llevadas a cabo por el satélite SMART-1, caben destacar: la formación y evolución de la luna; el proceso geológico comparativo sobre volcanes, tectónico, cráteres, erosiones, deposiciones de hielo y volátiles; preparación para la exploración lunar futura (sondeos sobre recursos minerales lunares, zonas iluminadas y estudios de alta resolución sobre posibles lugares donde hacer alunizajes o establecer futuras bases lunares.

### ROSETTA

El objetivo de la misión ROSETTA es encontrarse con un cometa y colocar un paquete de instrumentos en su superficie. El objetivo fijado en principio era el cometa 46 P/Wirtanen para cuyo encuentro en el año 2011 había una ventana de lanzamiento en Enero del 2003. Lamentablemente, una anomalía en el vuelo 157 del cohete Ariane 5 ECA obligó a los responsables de Arianespace y de ESA - en la noche del 11 al 12 de Diciembre de 2002- a retrasar el lanzamiento del ROSETTA. Se perdió así la posibilidad del encuentro entre el satélite y el cometa 46 P/Wirtanen.

Unos meses más tarde, el Dr. Manfred Warhaut, Jefe del Segmento de Tierra del proyecto ROSETTA, anunció una lista de cometas alternativos, a presentar al Comité de Programas Científicos de la ESA en su reunión del 25-26 de Febrero de 2003. En mayo de 2003, se hizo público que el nuevo objetivo del satélite ROSETTA sería el cometa Churyumov-Gerasimenko y la fecha de su posible lanzamiento estaría entre febrero y marzo de 2004, a bordo de un cohete Ariane 5 P1+ (aunque existan otras alternativas como Ariane 5 ECA o el Proton ruso).

En las tablas I y II se pueden ver las fechas del encuentro y maniobras del satélite ROSETTA y el cometa CHURYUMOV-GERASIMENKO.

**Tabla I. Programas de Eventos de la Misión ROSETTA con el Cometa CHURYUMOV-GERASIMENKO**

Fecha	Evento	Distancia del Sol (AU)	Distancia de la Tierra (AU)	Delta-V (m/s)
26/02/04	Lanzamiento	1	0	
Jun.04	Maniobra 1 en el Espacio Lejano	0.89	0.3	165
Dec. 04	Maniobra 2 en El Espacio Lejano	1.08	0.5	0
3/03/05	1ª. Oscilación Terrestre	1	0	
Oct. 06	3ª. Maniobra en el Espacio Lejano	1.0	1.9	39
26/02/07	Oscilaciones en Marte	1.44	2.11	
4/11/07	2ª. Oscilación en la Tierra	1	0	
Mar. 09	4ª. Maniobra en el Espacio Lejano	2.2	2.8	87
1/11/09	3ª. Oscilación en la Tierra	1	0	
4/05/11	1ª. Maniobra de Amerizaje	4.4	3.4	649
06/08/14	2ª. Maniobra de Amerizaje	3.6	2.7	673

**Tabla II. Programas de Eventos de la Misión ROSETTA con el Cometa CHURYUMOV-GERASIMENKO**

Fecha	Evento	Distancia de la Tierra (AU)
5/09/14	Inserción en la órbita del cometa	3.60
3/10/14	Ciencia Completa	3.25
0/11/14	Entrega de vehículo	3.00
5/11/14	Ciencia re-perihelio	2.80
2/08/15	Perihelio	2.50
01/06/15	Ciencia - Perihelio Posterior	2.00
1/12/15	Final de la misión	

Duración total de la misión desde la inserción del cometa al final de la misión (14 meses).

### VENUS EXPRESS

Este satélite, cuya misión es investigar la atmósfera y superficie del planeta Venus, será lanzado en el 2005.

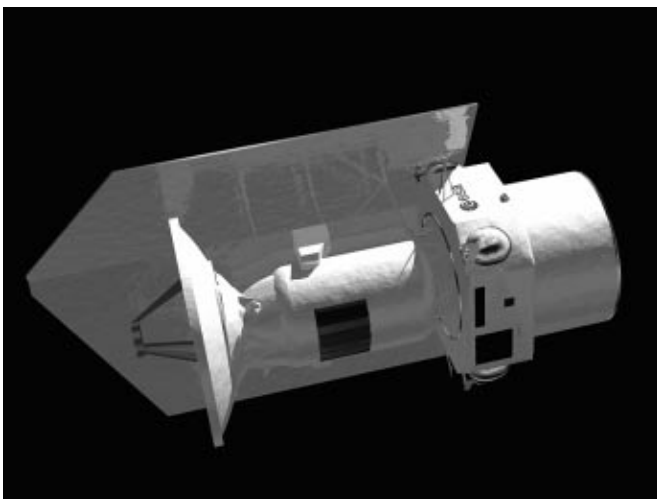


Venus Express

### HERSCHEL-PLANCK

La misión HERSCHEL-PLANCK tiene dos vertientes:

El satélite Herschel, anteriormente llamado telescopio sub-milimétrico y en el infrarrojo lejano (FIRST), una vez lanzado, será el mayor telescopio espacial en Infrarrojo y tiene por misión explorar la formación y nacimiento de estrellas y galaxias.



Herschel-Planck

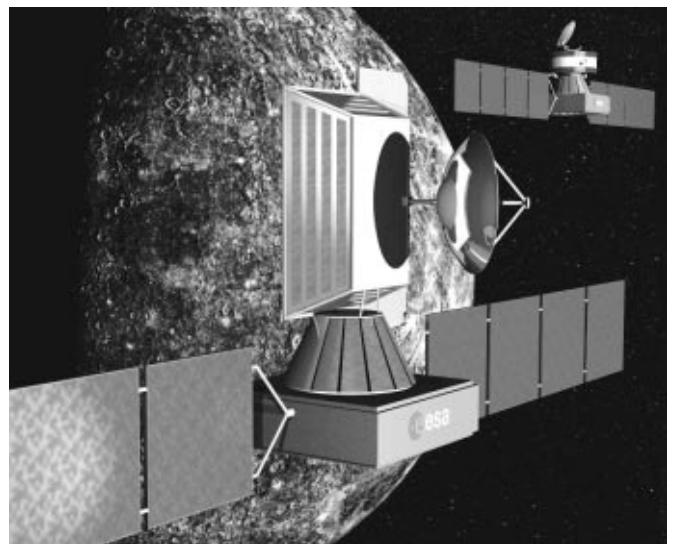
Con un espejo de 3.5 metros de diámetro, captará radiaciones en infrarrojo y de larga longitud de onda, de los objetos más fríos y distantes del Universo. Herschel será el único telescopio espacial que cubra el rango de longitudes de onda de infrarrojo a submilimétrico. Además, será un observatorio multiusuario, accesible a toda la comunidad científica mundial y con una capacidad de observación de 7000 horas al año. Se le estima una vida operacional de 3 años mínimo.

La otra vertiente de la misión HERSCHEL-PLANCK es el satélite Planck que estudiará la formación del Universo, las radiaciones cósmicas más antiguas y la formación de galaxias, en grupos e individuales. Sus datos proporcionarán a los astrónomos información para desarrollar teorías sobre el nacimiento y evolución del Universo.

Ambos satélites, Herschel y Planck, se lanzarán juntos, separándose después del lanzamiento para funcionar independientemente el uno del otro. Una lanzadera los transportará a una órbita de transferencia para luego viajar a otra órbita más allá de la Luna. Después de cuatro meses, los satélites alcanzarán su órbita final a una distancia de 1.5 millones de kilómetros de la Tierra, a un sitio llamado el punto de Lagrange 2 (L2). Esta distancia es lo suficientemente grande para evitar emisiones solares que podrían causar interferencias en las mediciones que se hicieran desde la Tierra, la Luna o el Sol.

### BEPI-COLOMBO

Esta es una misión angular al planeta Mercurio. El satélite BEPI-COLOMBO, cuyo lanzamiento está previsto para el 2011, se compone de dos órbitas y, posiblemente, un robot que esperamos nos dé la exploración más completa de la parte interior del planeta Mercurio. El robot constará de varios módulos: uno es para levantar el mapa del planeta; otro para investigar la magnetosfera; y un tercero, que amerizará en la superficie del planeta para estudiar su superficie.



Bepi-Colombo

Se supone que el satélite tendrá que resistir temperaturas extremas con el fin de proporcionarnos imágenes e información sobre la composición e historia del planeta menos explorado dentro del sistema solar. ■

### REFERENCIAS

1. ESA ESOC News July 2002
2. ESA ESOC News March 2003.
3. [www.esa.int](http://www.esa.int)



FRITAS, ESMALTES Y COLORES CERÁMICOS

*Fritta* 

el diseño se mueve

# La Investigación Medioambiental en España

**AUTOR:** JUAN JOSÉ IBÁÑEZ MARTÍ  
*Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC  
Serrano, 115 dup. 28006 Madrid*

La investigación ambiental en España adolece de los mismos problemas que el resto de la ciencia en nuestro país. Por un lado, Universidades y OPIs contribuyen aceptablemente a la producción científica internacional. Si se tienen en cuenta el número de investigadores y las financiaciones recibidas, podría decirse que es altamente fértil. Si nos atenemos al impacto de las publicaciones, la valoración sería más modesta. Las líneas de investigación abordadas son guiadas por las corrientes de moda a escala internacional, incluyendo aquí también temas como la erosión y desertificación que afectan gravemente a nuestro país.

Las deficiencias que afectan la investigación ambiental del Estado son las mismas que las de que adolece todo el sistema español de I + D + i. Falta de personal, recursos y la articulación de una "verdadera política científica". Debido a la transferencia de competencias en materia de agricultura y recursos naturales de la administración central a las CC.AA, muchos son los recursos que dependen de las últimas. Se echa en falta un organismo de coordinación que aglutine y racionalice los recursos autonómicos. Este hecho es sumamente grave por cuanto se traduce en la dificultad de obtener inventarios y elaborar estudios armonizados para el conjunto del territorio nacional. El modelo alemán, basado en "Lander" e Institutos Federales que recogen, coordinan y asesoran a los gobiernos autonómicos es inexistente, generando una gran anarquía que en nada

beneficia a la investigación sobre el medio ambiente. Un ejemplo palmario se presenta cuando organismos internacionales y en especial la Unión Europea solicita el inventario de ciertos recursos naturales. Entonces se da el caso de que los responsables de estas tareas deben acudir a una multitud desproporcionada de instituciones estatales y nacionales, encontrándose con la inmensa tarea, a veces imposible, de recopilar y armonizar un material que, cuando existe para todo el territorio, se encuentra elaborado por las metodologías más dispares y en los formatos más heterogéneos posibles.

Por otro lado, tanto el Estado como las administraciones autonómicas suelen reaccionar con mucha inercia y tardanza a las iniciativas internacionales, generando un retraso impropio de una nación que se considera desarrollada. Si a esto añadimos, la política imperante de "publicar o perecer" se imposibilita o dificulta en extremo la realización de tareas estratégicas que, por su naturaleza, no suelen dar lugar a una gran producción científica en revistas de prestigio internacional.

Se llega así a la paradoja de que se produce investigación dispersa de calidad, pero también a una situación impropia de un Estado desarrollado. Así por ejemplo, somos deficitarios en inventarios detallados armonizados e incluidos en sistemas de información computerizados de casi todos los recursos naturales. Sin buenos inventarios resulta hartamente difícil, por no decir imposible, realizar sistemas de monitorización de calidad. ¿Cómo se puede conocer la pérdida de biodiversidad en España si no disponemos de inventarios geo-referenciados de la misma. Lo mismo ocurre, por ejemplo, con



Influencia de la cubierta vegetal en el mantenimiento de suelos y pastos.



**Las labores del terreno pueden arrastrar semillas de malas hierbas.**

nuestros suelos. Al no existir inventarios (cartografías digitalizadas y bases de datos) de los recursos edáficos, no estamos en disposición de analizar rigurosamente la pérdida o el deterioro de estos.

Del mismo modo, la carencia de los mentados institutos inter-autonómicos de tipo federal nos limita sobremedida la posibilidad de abordar los grandes retos medioambientales internacionales, como lo es el cambio climático. Si bien se estudian los procesos de emisiones de gases de efecto invernadero y sumideros, por grupos distanciados geográficamente y metodológicamente, no podemos aportar nada de interés a la ciencia internacional sobre los mecanismos que generan el cambio climático (modelos generales y regionales de circulación de la atmósfera). En este sentido ocurre lo mismo que en el ámbito de la ciencia de la vida, en donde a pesar de existir numerosos grupos de investigadores de alta productividad, no se ha participado en el desciframiento del genoma humano.

En este sentido cabe mentar la falta de una política que entienda que entre los OPIs puramente científicos, como lo es por ejemplo el CSIC y la obtención de la información ambiental que la sociedad demanda, es necesario disponer de Centros Nacionales de Investigación Aplicada (de naturaleza tecnológica o no, según el caso) que rellenen las lagunas anteriormente mentadas, por cuanto sus científicos y/o técnicos no pueden ser valorados por el número de publicaciones, sino por su éxito en llevar a cabo tareas que requieren de un gran tiempo y esfuerzo para su consecución (los susodichos inventarios y monitorizaciones ambientales). Más aún la falta de coordinación entre los departamentos interministeriales empeora todavía más la situación hasta puntos hilarantes. Tan sólo exponemos un ejemplo.

Recientemente, bajo la presidencia española la UE ha puesto en marcha una iniciativa para la publicación de una Directiva de Protección de Suelos que obligará a los gobiernos a realizar la monitorización del estado de sus suelos. Resulta que ni tan siquiera poseemos inventarios y no se han diseñado sis-

temas de vigilancia o monitorización, mientras que los países comunitarios que aún no los tenían ya están en la tarea, dejando a España en una situación francamente precaria. Cabría preguntarse por qué el MIMAM delegó en un organismo como el IGME la coordinación de una iniciativa cuando no dispone de un solo investigador en plantilla especialista en el tema. Debemos saber por qué esta tarea no se puso en manos del CSIC cuando éste ha sido durante décadas, y aún lo es, el representante científico español en Europa en materia de suelos. Si bien es cierto que desde el advenimiento de la democracia el CSIC ha soslayado la potenciación de la edafología, también lo es que, es el único organismo estatal con los suficientes recursos humanos para llevar a cabo un trabajo de esta envergadura.

España posee un acervo natural y cultural impresionante (y esto no es un tópico), inducido por su gran diversidad y disparidad ambiental. Atesorábamos una enorme variedad de sistemas agrosilvopastorales sustentables que se están perdiendo a tasas aceleradas sin que ni tan siquiera tengamos elaborado un inventario de tales prácticas, herramienta indispensable para reflexionar y proponer nuevas alternativas para el desarrollo sostenible en el contexto socioeconómico actual. Nuestras razas de ganado autóctonas se extinguen, nuestras variedades de plantas de utilización agraria también. ¿Por qué no se ha hecho nada al respecto? Simplemente porque nuestro Sistema de I + D + i sigue acriticamente las directrices emanadas de los países europeos más desarrollados, cuyos ambientes, situaciones e intereses son muy distintos de los nuestros. Esta falta de visión de nuestros políticos nos está pasando factura y aún lo hará más en el futuro si no se pone coto a tanto dislate. ■



**El desarrollo de sistemas perdurables de producción de carne de vacuno de calidad en zonas de montaña en condiciones de pastoreo permitirá el asentamiento de una población rural mínima en base a un tejido socio-económico viable económicamente por sí mismo.**



## Fundación de la Confederación de Sociedades Científicas de España

# El futuro depende de nosotros

**AUTOR:** EDUARD SALVADOR SOLÉ  
*Presidente de la Junta Provisional de la COSCE*

El pasado día 20 de octubre tuvo lugar, en Madrid, la Asamblea Fundacional de la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE). Con este acto, al que asistieron representantes de más de cuarenta sociedades científicas españolas, culminaba un período de más de dos años de reuniones y mensajes cruzados con el objetivo de hacer posible esta asociación. La COSCE hoy es una realidad. Nos felicitamos todos por ello.

Como ya se ha indicado en esta misma revista en alguna otra ocasión, la COSCE puede llegar a jugar, en un futuro cercano, un papel decisivo en la mejora del sistema científico y tecnológico español. No hace falta insistir aquí sobre las carencias, por todos conocidas, de este sistema. Las hay de todo tipo, presupuestarias, de personal y organizativas. Sin duda, esta situación se debe, en gran medida, a la falta de tradición científica de nuestro país. La ciencia ha sido siempre considerada en España como una actividad cultural superflua o, en el mejor de los casos, como una actividad importante y necesaria para la humanidad pero fuera de nuestras posibilidades. Ni la sociedad está interesada en ella, ni la Administración parece realmente creer que favoreciéndola se hace una sólida inversión de futuro. La España de hoy no tiene nada que ver con la de principios del siglo pasado. Se ha avanzado en todos los campos, socioeconómicos y culturales. Incluso en el campo científico y tecnológico. Pero nuestro ritmo de progreso en este último campo es, por los motivos que acabo de mencionar, manifiestamente insuficiente y, lo que es peor, no se observa ningún cambio de tendencia, ni siquiera el mínimo interés por parte de los políticos de que así sea. Hace falta, pues, algún elemento nuevo que rompa esta inercia, que estimule el cambio hacia una situación normal, que lleve a la sociedad española a conectar con la ciencia y tecnología, concienciándola, de una vez por todas, de la importancia que tienen estas actividades para nuestro futuro, y que haga ver a la Administración la necesidad de corregir todas aquellas carencias a las que me refería antes. La COSCE podría muy bien ser este nuevo elemento. Estamos pues, a mi entender, ante una oportunidad histórica que no debemos dejar pasar.

Evidentemente, la creación de la COSCE es sólo un primer paso. Todo está aún por hacer. Ni siquiera está claro cómo hay que hacerlo por cuanto no existe, que sepamos, ningún precedente de este tipo en ningún otro país. La razón de que así sea es muy simple. En los países modernos que cultivan la ciencia y la tecnología con el esmero que se merecen no hay

que convencer a nadie acerca de su importancia; esto es algo que todo el mundo tiene muy bien asimilado. Sus administraciones tampoco necesitan ser convencidas del interés de cuidarlas y promoverlas; eso es algo que vienen haciendo, con mayor o menor acierto, desde hace siglos. En esos países, el sistema de ciencia y tecnología reposa además sobre estructuras bien engrasadas, con funciones claras y diferenciadas. Las sociedades científicas se limitan a favorecer la relación y el intercambio de ideas entre los profesionales de las respectivas especialidades, lo cual permite potenciar el trabajo de todos ellos, detectar nuevas tendencias y necesidades colectivas e informar de las mismas a las autoridades de política científica. Esta debiera ser, también, la función de las sociedades científicas españolas. Sin embargo, esto no es así. Falla, en España, el puente necesario entre las autoridades de política científica y las sociedades profesionales (véase, sino, el documento sobre el Plan Nacional de I+D+i recientemente aprobado donde ni siquiera se las menciona), pieza fundamental en todo el esquema. Por otro lado, al carecer el sistema español de ciencia y tecnología de estructuras bien engrasadas, las sociedades científicas se ven frecuentemente obligadas a ejercer el papel de controlador de la Administración en temas de gestión y organización. El hecho de que todas las sociedades científicas españolas, a diferencia de las extranjeras, vengán a coincidir en estas dos necesidades añadidas y que la solución a ambos problemas sea más fácil de conseguir si se trabaja conjuntamente es, precisamente, lo que ha llevado a la creación de la COSCE. Estas son pues dos de las principales tareas que tiene previstas la Confederación. A ellas hay que añadir otra tanto o más importante: intentar acercar la ciencia a la sociedad española a fin de que, en un futuro, se normalice la situación en todos los sentidos y la COSCE ya no tenga razón de ser.

El futuro de la ciencia y tecnología españolas está ahora, de alguna manera, en nuestras manos. ¿Seremos capaces de alcanzar la meta que nos hemos fijado? La respuesta no es evidente. No únicamente por la envergadura de la obra, sino también por nuestra dudosa disponibilidad a actuar. Nos quejamos muy a menudo de lo que no va bien, pero cuesta más movilizarlos para intentar arreglar las cosas. Sin embargo, como decía, estamos ante una oportunidad histórica y ha llegado el momento de actuar. Si hay gente dispuesta a servir ocupando cargos de gobierno en las distintas sociedades científicas españolas, también debe haberla capaz de afrontar ese gran reto que tenemos todos, capaz de tirar con ilusión y con la ayuda de todos de la COSCE para emprender juntos el camino deseado. Las primeras elecciones a la Junta Directiva de la COSCE tendrán lugar el próximo mes de marzo. Animo y suerte. ■



## MEDICINA Y SALUD

# La enfermedad de Alzheimer. El difícil equilibrio entre lo específico y lo genérico, lo posible y lo imposible

**AUTOR:** ADOLFO TOLEDANO  
*Instituto de Neurobiología Ramón y Cajal, CSIC  
C/ Doctor Arce 37. Madrid 28002*

### INTRODUCCIÓN

Cuando existen más de un centenar de teorías sobre una enfermedad, basadas en más de cien mil importantes trabajos de investigación en los campos de la histología, la biología celular y molecular, la clínica y la epidemiología; cuando dichos trabajos son el fruto de una continua dedicación de miles de científicos durante casi cien años; y cuando se sigue sin haber llegado todavía a una solución terapéutica para la enfermedad, nos damos cuenta de que nos encontramos ante un árduo problema médico.

Cuando pensamos además en la cifra de pacientes afectados (20 millones en los países desarrollados) y las características de la enfermedad (que origina una discapacidad permanente y que condiciona una dependencia total a un cuidador que, a su vez, ve su vida totalmente dependiente de la enfermedad), comprobamos que estamos ante un gran problema socio-sanitario a escala mundial que trasciende del ámbito de la medicina entendida en su concepto clásico.

Este es el caso de un terrible proceso neurodegenerativo, la Enfermedad de Alzheimer (EA).

No es de extrañar, por tanto, que todas las publicaciones científicas, clínicas, de divulgación socio-sanitaria e, incluso, de información general, estén llenas de artículos sobre esta demencia. Nos comunican nuevas aportaciones, nos analizan y reevalúan la ingente cantidad de datos generados en tantas investigaciones a través de los años o especulan con la aplicación de descubrimientos en otras patologías y en otros campos para resolver el problema Alzheimer. En este contexto todos los datos se entremezclan, a veces de manera lógica, pero otras no tanto. De ello surgen muchas veces propuestas de soluciones posibles, aunque también otras tantas se apuntan hacia vías impracticables por falta de rigor científico en el análisis de esos datos o en su extrapolación al Alzheimer.

Bajo este prisma de sopesar ponderadamente los nuevos conocimientos sobre el Alzheimer y otras patologías degenera-

tivas, y del crecimiento y la muerte celular, vamos a repasar brevemente las ciertamente posibles soluciones a esta demencia.

### LA COMPLEJIDAD DE LA ETIOPATOGENIA DE LA ENFERMEDAD DE ALZHEIMER

Ciertamente pocas enfermedades como las neurodegenerativas presentan una tan abigarrada muestra de cambios celulares y moleculares y tan compleja relación entre los mismos. Como elementos "nucleares" del proceso han sido descritos cambios en proteínas fibrilares intraneuronales (que han dado lugar a las denominadas por algunos teorías "tauístas", por el alto contenido de proteína "tau" en los "ovillos neurofibrilares de las neuronas) o extraneuronales, manifestadas en los depósitos de amiloide (que dan lugar a las denominadas teorías "baptistas" por un juego de palabras en inglés). También son constantes las alteraciones en los sistemas colinérgicos basolocorticales (teorías "colinérgicas"), aumento neurotóxico de la transmisión excitatoria (teorías neurotóxicas), alteraciones en los sistemas neurotróficos y en la capacidad plástica y adaptativa de las neuronas, (teorías "neurotróficas" y "adaptativas"), aumento de los factores de envejecimiento y muerte neuronal programada, disfunciones gliales, etc.

Estos cambios están totalmente comprobados y las teorías a las que han dado lugar tienen total vigencia hasta que no se llegue a una incuestionable definición de la enfermedad, aunque precisan continuamente ser actualizadas por los nuevos conocimientos que surgen día a día.

Sin embargo, cualquiera de estos cambios, que es considerado "primario" o "fundamental" por los distintos autores que los utilizan cuando enuncian sus teorías sobre el Alzheimer (y que por ello, implícitamente serían los objetivos de los tratamientos), tiene unas características comunes con importantes implicaciones en la enfermedad y su terapéutica:

a) Ninguno de los cambios es patognomónico, es decir, todos ellos los podemos encontrar, en mayor o menor grado, en otras situaciones o patologías del Sistema Nervioso. Por ejemplo, el  $\beta$ -amiloide aparece, aunque en escasa densidad, en el envejecimiento y en otras patologías degenerativas o anóxicas.

b) En un sentido muy estricto, los cambios son difíciles de precisar en sus límites, ya que existen elementos antecedentes, y/o consecuencias, muy interrelacionados que pudieran tener incluso más importancia que el cambio principal o más aparente. Por ejemplo, la reacción glial en la EA, descrita como “dramática” por algunos autores, no sólo no es específica de este proceso, sino que parece ser variable según las patologías, los individuos y las regiones cerebrales; estar condicionada por factores desencadenantes, muchos de ellos desconocidos, y producir efectos diferentes o cambiantes según dé lugar a la secreción de citoquinas, generalmente neurotóxicas, o de factores tróficos, generalmente neuroprotectores.

c) Aunque algunos cambios tienen una conexión muy aparente entre sí y se pueden integrar con facilidad en una cadena de acontecimientos que pueden explicar la patogenia de la EA, muchos otros parecen estar desvinculados del proceso o, teóricamente, deberían estarlo. Por ejemplo, todavía no se han podido precisar una correlación satisfactoria entre la formación del  $\beta$ -amiloide extraneuronal de las placas y la de los complejos de proteína tau de los ovillos intraneuronales, aunque la coexistencia de estas dos lesiones fue ya descrita por el propio Alzheimer y ha sido estudiada hasta la extenuación. Por otro lado, aunque la amiloidosis y la gliosis se contemplan en algunas teorías como dos hechos íntimamente relacionados e inseparables, debemos desligarlos, ya que existen muchos procesos de gliosis aparentemente similar en otras patologías sin presencia de amiloidosis.

### Principales sistemas y procesos celulares alterados en la EA

- Conexiones sinápticas (involución de dendritas y axones).
- Neurotransmisión reguladora (neurotransmisores, enzimas y receptores).
- Comunicación celular (neuronal y glial).
- Neurotransmisión excitatoria (excitotoxicidad).
- Homeostasis del calcio (disregulación).
- Metabolismo neuronal (disregulación).
- Sistemas pro-inflamatorios (COX-2; NOSs) y “respuestas inflamatoria”.
- Sistemas neurotróficos.
- Sistemas citotóxicos (citoquinas).
- Apoptosis o “muerte celular programada”.
- Gliosis.
- Activación microglial.
- Vía Amiloidogénica de metabolización de APP; formación y acumulación del  $\beta$ -Amiloide.
- Formación de ovillos neurofibrilares (proteína Tau hiperfosforilada aberrante).
- Mecanismos de adaptación celular (incluidos “aprendizaje” y “memoria” celulares).

d) Todos los cambios se deben engarzar en una secuencia lógica, formando la denominada “cascada de acontecimientos patológicos”. Pero si difícil es definir los cambios y sus consecuencias, hasta ahora ha sido imposible describir una “cascada” específica de la EA absolutamente comprobable, y así existen tantos o más modelos de cascadas como teorías sobre esta patología. Desde la situación inicial del cerebro óptimamente estructurado cumpliendo con sus funciones cognoscitivas al máximo nivel, hasta la situación final de un tejido dañado que es la base de toda la sintomatología de la demencia, ciertamente se han podido producir cambios secuenciales que por distintos caminos lleguen a la misma situación del deterioro. Sin embargo, parece más lógico pensar que causas pueden existir muchas (factores etiológicos), pero que la vía patogénica debe ser principalmente una con pocas variantes.

## DISFUNCIONES DE LOS PROCESOS

### FISIOLÓGICOS CELULARES PRESENTES

#### EN LA PATOGENIA DE LA EA

### Y POSIBILIDADES TERAPÉUTICAS

Entre las piezas que hay que encajar para tener una imagen de la cascada patogénica están una gran serie de cambios neuronales y gliales, algunos de los cuales (los más frecuentemente reseñados en la literatura) se recogen en la figura 1. Estos cambios comportan disfunciones de sistemas o procesos de las células que pueden manifestarse durante toda la vida celular o sólo en determinadas fases de la misma, desde el nacimiento y diferenciación hasta la muerte celular, pasando por distintas fases de adaptación y respuesta a estímulos, agresiones o cambios del medio ambiente (metabolismo, comunicación celular y neurotransmisión, adaptación celular, “aprendizaje” y “memoria” celulares, crecimiento y diferenciación, apoptosis, etc). Estos sistemas o procesos se conocen principalmente por sus estudios en otras patologías, en modelos animales o celulares experimentales, o en ensayos *in vitro*. Estos estudios generan grandes conocimientos sobre los procesos, sus efectos, sus generadores fisiológicos y su patología. De ello podemos obtener la forma de regular su funcionamiento para que sea útil a la biomedicina.

Sin embargo, muchas veces es difícil, o por ahora imposible, extrapolar estos conocimientos al problema del Alzheimer, y menos sacar conclusiones prácticas, por la imposibilidad de encajar el proceso considerado en la “cascada patogénica” así como deslindar lo que es y significa este proceso en el conjunto de neuronas y células gliales cerebrales no afectadas.

Algunos procesos celulares presentes en la EA, que teóricamente parecen aberrantes y que, así mismo, con nuestros actuales conocimientos, parece que pueden ser corre-

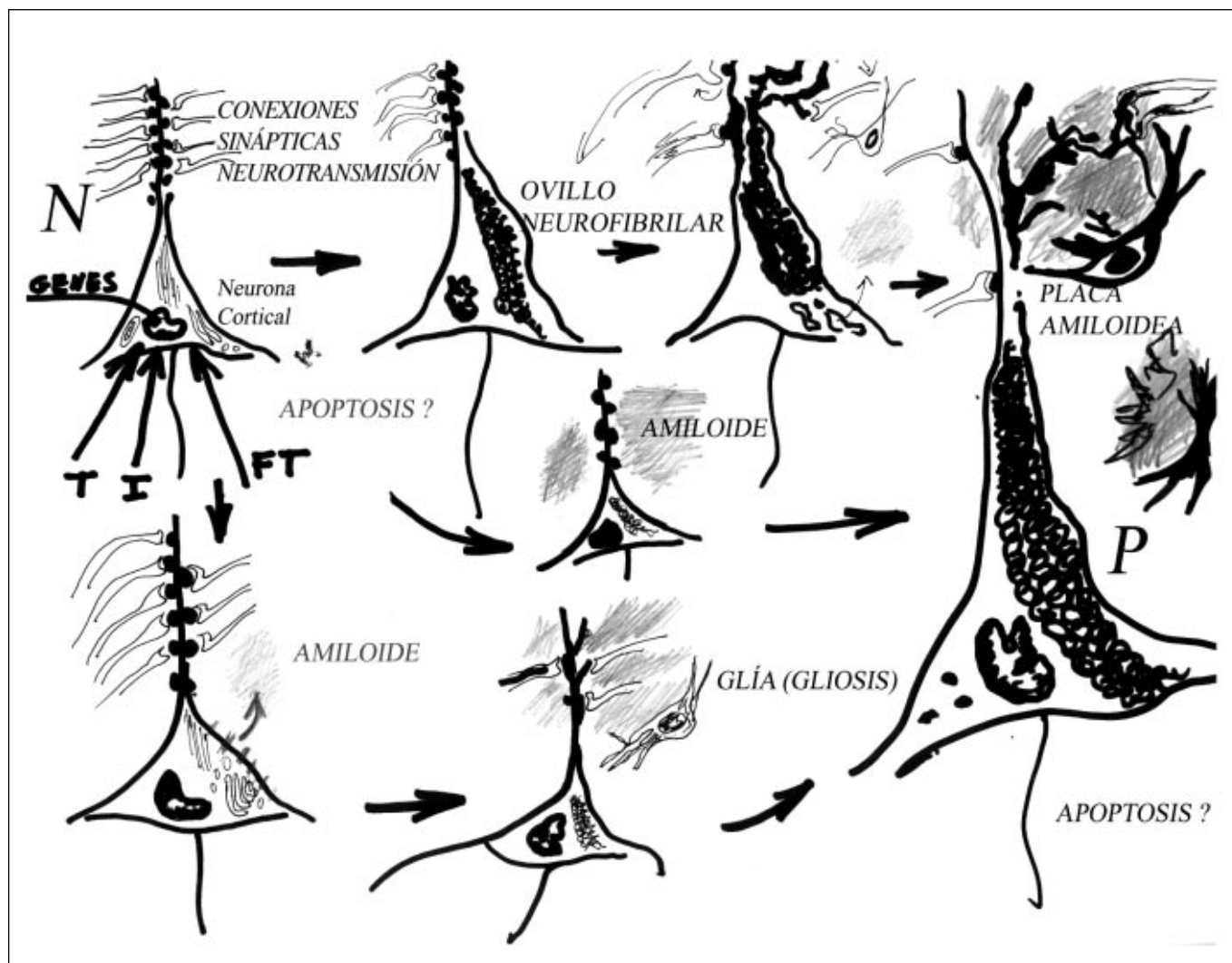


Figura 1. Posibles “cascadas de acontecimientos patológicos” en la Enfermedad de Alzheimer (EA)

En la EA existe una ingente cantidad de cambios patológicos en los sistemas y procesos celulares de las neuronas y las células gliales (ver recuadro). Todos ellos han sido comprobados (“cascada de acontecimientos patológicos”) que hace que desde la situación normal de las neuronas de los circuitos cognoscitivos (N) se llegue al estado degenerado (P) cuya manifestación clínica es la demencia. La etiología o causa inicial de la EA puede ser variada e incluye factores internos (genéticos, neurotóxicos –I=“Infecciosos”, T=tóxicos) y externos (tóxicos –FT-) prácticamente desconocidos. Las posibles “cascadas” patogénicas son muchísimas en el plano teórico, dependiendo de las muy diversas teorías enunciadas sobre la EA, pero en la práctica se considera que solo deben existir una o unas pocas ya que no se ha conseguido definir subtipos clinicopatológicos. El reto está en engarzar adecuadamente el puzzle de los cambios para entender su significado y desarrollar terapias específicas y adecuadas.

gidos, son las dianas terapéuticas sobre las que más se trabaja y se escribe, ofertándose como claves de soluciones seguras e inmediatas. Pero en la mayoría de los casos precisan una mayor investigación antes de entrar en ensayos clínicos por los problemas expuestos. En la monografía trataremos especialmente estos procesos celulares como posible clave para interpretar y tratar la EA: la “muerte neuronal programada”, el “mantenimiento y la involución de las neuronas” mediatizados por factores nerviosos y los “procesos inflamatorios” del cerebro. También se comentará en relación a estos procesos la posibilidad de desarrollar “vacunas” preventivas o curativas y las nuevas posibilidades de terapias con implantes celulares o con la inoculación de genes.

### LA MUERTE NEURONAL “PROGRAMADA”

Consideremos el caso de la apoptosis o muerte celular programada. Como resultado de gran número de investigaciones en diversos terrenos, se sabe que la célula viva normal posee unos sistemas (parcialmente funcionantes en toda su existencia, parcialmente inducidos ante distintos acontecimientos) que pueden desencadenar una serie de respuestas intracelulares que conducen a la autodestrucción. Principalmente están implicadas una serie de enzimas (“caspasas”, de las que se conoce hasta doce tipos) constitutivas o inducidas, que pasan de una forma inactiva a otra activa cuando se dispara el proceso de “suicidio” celular, y una serie de proteínas de una misma familia de las que existen elementos pro-apop-

Figura 2. Metabolismo de la proteína precursora de amiloide (APP) mostrando la posible manera de formación de amiloide en la EA y tratamientos en estudio para impedir dicho proceso.

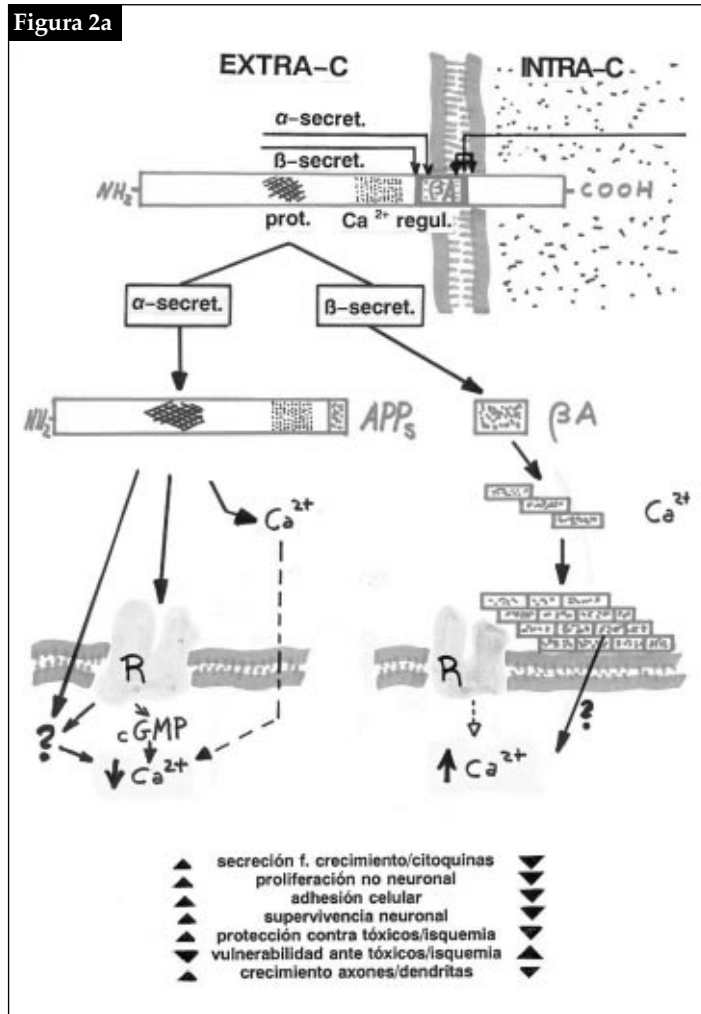


Figura 2a. Esquema de las vías metabólicas. La vía "no amiloidogénica", a través de la α- y la γ-secretasa, dan lugar a péptidos solubles de variable tamaño que tienen actividades activadoras y de mantenimiento de las neuronas antes de ser destruidas totalmente. La vía "amiloidogénica", mediante la acción de las enzimas β- y γ-secretasa, da lugar a varios péptidos solubles que se destruyen y uno de 40 a 43 aminoácidos que adquiere configuración espacial beta, se hace insoluble y no puede ser destruido por las enzimas proteolíticas. Estos monómeros de β-amiloide son neurotóxicos y tienden a agregarse y a acumularse entre las neuronas formando las placas amiloides.

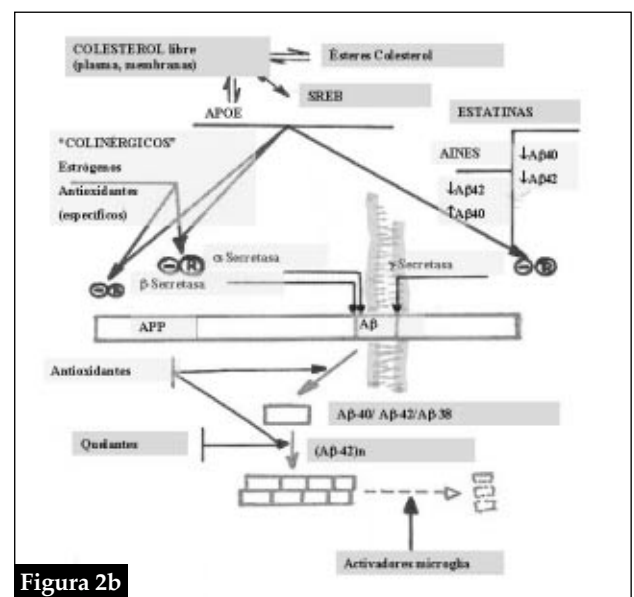


Figura 2b. Posibles nuevos tratamientos para evitar la acción neurotóxica del amiloide. Activadores de la α-secretasa, inhibidores de la β-secretasa y reguladores de la γ-secretasa facilitan la vía "no amiloidogénica". Antioxidantes y vacunas para evitar la formación de β-amiloide; quelantes para evitar la agregación de monómeros de amiloide; activadores microgliales para "destruir el β-amiloide". También se ha observado que cuando se regula correctamente el metabolismo de los lípidos en general y en especial el del colesterol, se impiden los fenómenos inflamatorios con las AINES (anti-inflamatorios no esteroides), se mantiene el sistema de neurotransmisión colinérgica y los niveles hormonales (en especial, estrógenos) se favorece la vía no amiloidogénica. Este puede indicar que tratamientos puntuales para mantener el medio interno (hormonas, lípidos, etc.) pueden tener una nueva indicación preventiva o paliativa en el Alzheimer.

tóxicos y anti-apoptóticos (también muchas de ellas existentes en formas activas e inactivas y algunas que se interconvierten en uno u otro tipo). Muchas de estas enzimas y proteínas también tienen otras funciones no autodestructivas, pues intervienen en la regulación de la vida celular, estando implicadas en la realización de algunas funciones celulares de tipo adaptativo, especialmente en algunas circunstancias en las que cambia el medio interno o externo. Pero, finalmente, si los cambios son "insuperables", y si la célula, pudieramos decir, no encuentran otra salida a su "crisis" que sea menos perjudicial para el organismo, la maquinaria se pone en marcha hasta destruir completamente la célula. La apoptosis no es un fenómeno celular único sino que comprende varios procesos que

pueden funcionar independiente o conjuntamente. Quedan muchos puntos oscuros que aclarar pero ya existen en muchos laboratorios sustancias de diverso tipo pro- y anti-apoptóticos para uso experimental que pueden desencadenar o detener la apoptosis.

En el Alzheimer, como en otras enfermedades neurodegenerativas, se ha postulado como agente causal una activación o descontrol de la apoptosis; ello ha sugerido la idoneidad de la aplicación de fármacos anti-apoptóticos en el tratamiento. Sin embargo, sabemos que la apoptosis comprende distintos procesos de autodestrucción, con diferentes desencadenantes y en la EA, el presunto proceso apoptótico y



sus generadores inmediatos, son desconocidos. Así mismo, el objetivo final de la apoptosis en la EA nos es desconocido. Cuando se analizan preparaciones de tejido cerebral de enfermos de EA, se observan, según la época de evolución de la enfermedad, la técnica que se emplee y la región que se considere, diversos signos de apoptosis cuya interpretación es discutible. ¿Tratan las neuronas que muestran estos signos de autoeliminarse para salvaguardar al tejido de problemas de neurotoxicidad y parar la “cascada patogénica”, pero se ven impedidas a desaparecer, o por el contrario, las neuronas que muestran estos signos son la imagen de que otros procesos patogénicos están matando muchas neuronas por la vía de un proceso de apoptosis? Es decir, ¿debemos favorecer la apoptosis para detener la progresión de la vía patogénica tisular, impidiendo que se fabriquen elementos tóxicos para otras neuronas, o, por el contrario, debemos detener la apoptosis para mantener con vida el suficiente número de neuronas para no interferir en los circuitos cognoscitivos y caer en la demencia?

Por otro lado, no parece posible, por el momento, diferenciar los sistemas apoptóticos de las neuronas en proceso de neurodegeneración, de los de las células normales que emplean, en el resto del organismo, estos sistemas apoptóticos para autoeliminarse (por su propia iniciativa o por “señales” que reciben de otras células) antes de ser dañinas, especialmente las que han sufrido transformación cancerígena. Conocemos que los estrógenos favorecen el riego sanguíneo, comprometido en el Alzheimer, y que favorecen el balance de proteínas relacionadas con la apoptosis hacia la acción anti-apoptótica. Pero un reciente estudio epidemiológico no ha mostrado efectos preventivos ni retardantes del curso clínico, mientras aumentaba el riesgo de cáncer de mama ya que impedía su diagnóstico precoz (JAMA, mayo). En consecuencia, por el momento, ni una medicación sistémica, ni una posible terapia intracerebral antiapoptóticas, podrían emplearse sin conocer en la EA el sentido y los mecanismos de la apoptosis.

#### FACTORES NERVIOSOS DE MANTENIMIENTO

#### O DE INVOLUCIÓN DE LAS NEURONAS

De una manera muy amplia, podríamos considerar que en el Sistema Nervioso Central (SNC) existen dos tipos de factores, producidos dentro del tejido, que, o bien mantienen vivas y plenamente funcionantes a las neuronas, especialmente las de regulación de la corteza cerebral como son las neuronas colinérgicas basolocorticales afectadas en la EA, denominadas neurotrofinas, o bien originan daños e involución neuronal, denominadas citoquinas. Sobre el papel que tienen en la EA estas importantes sustancias, de igual forma que en el apartado anterior se podrían hacer consideraciones que cuestionan la idoneidad de su manipulación para tratar el proceso patológico. Una cosa es conocer con bastante precisión estas macromoléculas, sus sistemas producción, sus re-

ceptores y sus mecanismos iniciales de acción (neurotrófica o neurotóxica) y otra es saber cómo se regulan estos sistemas en la EA, qué receptores existen en cada neurona en condiciones normales de senilidad y en situación patológica, y cuáles son realmente los efectos finales que producen en las células. Hace pocos años se hacía equivalente el término de “neurodegeneración” con el de “déficit neurotrófico”, habiéndose llegado a definir una “teoría unitaria” para todas las enfermedades neurodegenerativas (Alzheimer, Parkinson, Huntington, etc) en base a la pérdida de factores neurotróficos (o a déficits de los sistemas neurotróficos) (Figura 2). Esto actualmente es dudoso en su formulación original, e, incluso, en el inicio de la EA pueden existir fenómenos de hiperactividad de estos sistemas que, *a posteriori*, pueden volverse real o funcionalmente deficitarios. Se han llevado a cabo experiencias con infusiones intracerebrales de NGF (“nerve growth factor”, la neurotrofina por excelencia) en un humano que sufría EA, pero los resultados pusieron de manifiesto la inviabilidad de la terapia por lo costoso, por los problemas técnicos que surgieron y por los efectos secundarios graves (dolor, alteraciones conductuales, etc.). No es posible esta terapia si no conocemos bien los efectos sobre las neuronas no afectadas, si no sabemos con precisión la distribución de los receptores en las distintas regiones normales y alteradas del cerebro, ... y si no tenemos la absoluta certeza de que no se van a activar receptores en células en vías de cancerización o de que no se van a desencadenar procesos tumorigénicos. En prácticamente todos los tipos de células cancerosas se han descrito altas densidades de receptores para neurotrofinas.

Respecto a las citoquinas, posiblemente neurotóxicas en la EA, cabría exponer que cada vez se sabe mejor que intervienen en muchos procesos fisiológicos neuronales y gliales, y en respuestas plásticas y adaptativas de las neuronas. Por ello, una terapia bloqueante de estas sustancias debería analizar pormenorizadamente qué efectos tiene en distintos circuitos neuronales.

#### PROCESOS “INFLAMATORIOS”

#### EN EL CEREBRO DE ENFERMOS DE EA

La concepción del Alzheimer como un proceso inflamatorio, se viene contemplando de manera recurrente desde hace muchos años. Esto comporta la asimilación del conjunto de las estirpes gliales y sus sustancias producidas (neurotrofinas, citoquinas) a las células y moléculas generadas del tejido conjuntivo, que existe en todo el organismo menos en el SNC, y que es el substrato de los fenómenos inflamatorios. En los últimos tiempos se está haciendo especial hincapié en buscar soluciones para la EA en base a prácticas o técnicas que ya se aplican en el campo de la inmunología clínica, la alergología, la reumatología, etc, fundamentadas especialmente en el control de las reacciones inmunitarias y los procesos inflamatorios crónicos con vacunas y anti-inflamatorios.

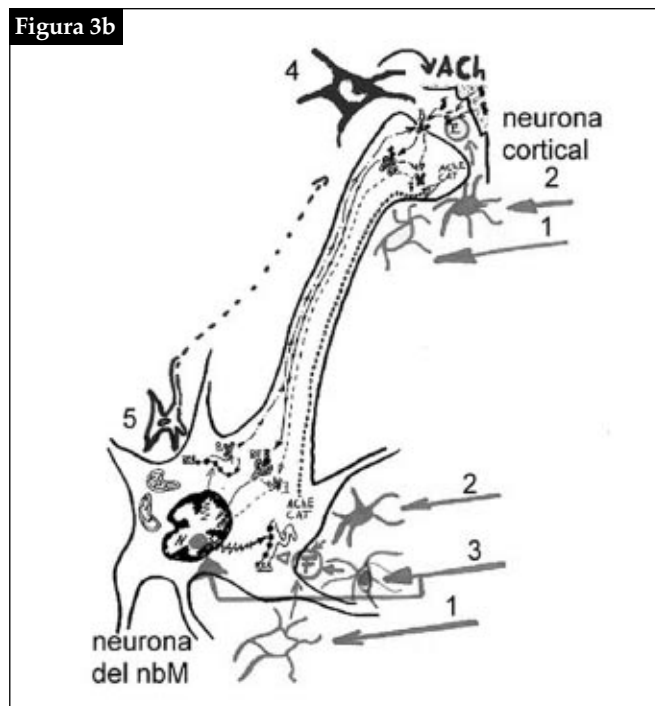
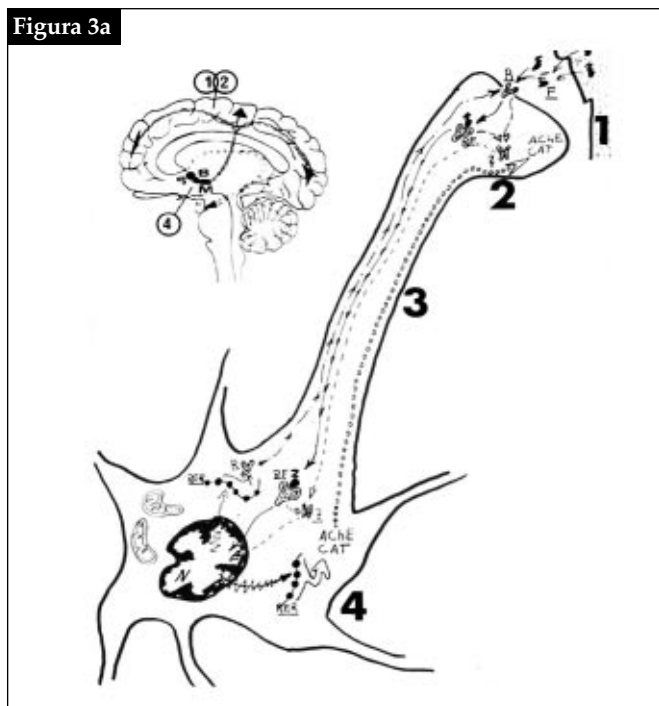
Las “vacunas” contra el Alzheimer han surgido tras la comprobación de que animales transgénicos con expresión del gen de la APP (proteína precursora de amiloide), presentaban disminución de la formación de placas en la senilidad cuando recibían anticuerpos contra una secuencia del péptido amiloide y manifestaban una cierta capacidad de disolución de las placas ya formadas cuando el tratamiento se iniciaba en época avanzada de la acumulación. Estos aparentes y llamativos efectos preventivos y curativos forzaron a la concesión de un permiso para experimentación clínica humana (sin seguir los trámites de experimentación preclínica) con dicho anticuerpo. Los ensayos fueron detenidos por fenómenos secundarios graves cerebrales en parte de los pacientes. Hace poco tiempo se publicó la autopsia del primer caso tratado y fallecido. No se observaron diferencias grandes de conjunto con los enfermos de EA que no habían recibido vacuna y que se utilizaron como controles y si en algunas zonas cerebrales parecía existir una tendencia a disminuir el número de placas con  $\beta$ -amiloide, en esas zonas parecía también que existían más ovillos neurofibrilares. La pérdida neuronal era similar en este enfermo y en controles pareados de EA que no recibieron el tratamiento. Difícil es sacar conclusiones de un ensayo, pero, aún con experiencias muy sobresalientes en modelos animales experimentales, sin conocer cual es el mecanismo, o el sistema o proceso, por el que se disminuye la acumulación de  $\beta$ -amiloide, no se puede extrapolar la función del sistema inmunitario basado en las células y propiedades del tejido conjuntivo a un órgano que no tiene este sistema. Por el contrario, parece más seguro y específico desarrollar fármacos capaces de regular las vías de metabolización de la APP para lograr que activando las  $\alpha$  y  $\gamma$  secretasas (vía “no amiloidogénica” de catabolización de la APP) y/o inhibiendo las  $\beta$  y  $\gamma$ -secretasas (vía “amiloidogénica”) se produzcan péptidos degradables y no  $\beta$ -amiloide (Figura 2). También pudiera ser viable, aunque por ahora no es practicable, que se llegara a activar la glía para destruir el posible amiloide formado. Esta forma de terapia sería de un alto interés ya que si se encuentra la manera de que las células puedan destruir las proteínas de configuración beta, se podrían combatir no sólo la EA sino también todas las enfermedades priónicas, patologías devastadoras del SNC, cuyos representantes en humanos (todas las variantes o subtipos de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob –esporádica; nueva variante, relacionada con el mal de las “vacas locas”; familiar o genética; yatrogénica, producida por trasplantes o tratamientos hormonales–; el Insomnio Familiar Fatal; la enfermedad de Gerstmann-Sträussler-Scheinker; el “kuru”) algunos autores piensan que pueden extenderse y aumentar su incidencia a valores muy preocupantes.

Respecto a la regulación de la “reacción inflamatoria” en la EA, se volvió a poner grandes esperanzas en los nuevos y potentes medicamentos anti-inflamatorios no esteroideos (AINES) que van incorporándose día a día en la práctica clínica, y que se basan en la inhibición de la ciclo-oxigenasa 2 (COX-2). Sin embargo, se acaba de publicar el último ensayo clínico (JAMA, junio 2003) donde se demuestra que ni se previene ni se mejora la EA con naproxeno o rafecoxilo, dos poten-

tes anti-inflamatorios de nueva generación. Esto puede ser decepcionante, pero otra vez se plantea el hecho de que no se conoce bien la implicación de los posibles sistemas pro-inflamatorios del cerebro y que emplean tanto la vía de la enzima ciclo-oxigenasa que, como se ha dicho, puede ser regulada, como por otras vías que utilizan la óxido nítrico sintasa y otras enzimas para producir sustancias como prostaglandinas y óxido nítrico, que también son “pro-inflamatorias”. Además, si consideramos como reacción inflamatoria la destrucción y eliminación de células de un área dañada y reactiva, tenemos que incluir los fenómenos de reactividad glial que conducen a destrucción neuronal. En este sentido, en la patogenia de la EA es fundamental el proceso de activación anómala de las células gliales que producen unas sustancias (citoquinas) que son citotóxicas en su mayoría, aunque algunas cumplen funciones fisiológicas aún no bien conocidas. Quizás la terapia anti-inflamatoria más eficaz sería aquella que regulara la producción de citoquinas de manera que no se produjera toxicidad neuronal pero que mantuviera los niveles de estas sustancias cumpliendo con su papel fisiológico.

#### SISTEMAS NEUROTRANSMISORES EN EA

Uno de los fenómenos más importantes en la patogenia de la EA es la disminución de los sistemas de neurotransmisión reguladores. En especial, el sistema colinérgico de todo un conjunto amplio de neuronas situadas en la parte basal del cerebro y que alcanza prácticamente a todas las neuronas de las distintas áreas de la corteza cerebral que están implicadas en la realización de las funciones cognitivas superiores del cerebro. Los estudios sobre los sistemas neurotransmisores *in vitro* o en modelos experimentales nos proporcionan informaciones muy precisas sobre cada uno de los tipos y subtipos en todos sus elementos (enzimas, receptores, segundos mensajeros intracelulares). Nuestro conocimiento es muy amplio y ya tenemos fármacos para modificar cualquier sistema en el sentido deseado, pero los resultados clínicos no son buenos ya que existen problemas importantes en la extrapolación de los estudios. Para tener éxito se debería actuar de forma selectiva sobre las neuronas o circuitos alterados y corrigiendo exactamente la alteración que existe en esa localización. Muchas células del organismo poseen receptores similares y una terapia sistémica general podría provocar graves efectos colaterales. Tanto en el aspecto de los sistemas deficitarios como el colinérgico, como en el de los presuntamente hiperactivos (nueva teoría de la “neurotoxicidad glutamatergica” que se basa en una supuesta hiperactividad de las neuronas excitadoras de la corteza cerebral que hace que se dañen o mueran las neuronas reguladoras del cerebro basal, especialmente las colinérgicas), hace falta por un lado precisar con exactitud los tipos y subtipos de receptores normales y patológicos que cada circuito normal y patológico poseen, y en segundo lugar, obtener fármacos específicos de los receptores patológicos y que no interfieran con las funciones de las células normales. Si empleamos un fármaco colinérgico de tipo nicotínico ciertamente mejoraríamos las



**Figura 3.** Esquema de neurona colinérgica del cerebro basal anterior que inerva la corteza y posibilidades terapéuticas de implantes celulares o terapia génica en la EA.

**Figura 3a.** Consideramos que existe un sistema neuronal básico para regular y mantener los circuitos corticales cognoscitivos, formado por las neuronas basocorticales colinérgicas (p.e., las del núcleo basal de Meynert –nbM–) que inervan difusamente las neuronas corticales. Estas neuronas se mantienen, a su vez, por factores tróficos (NGF= “Nerve Growth Factor”–F–; suministrados por neuronas y células gliales en la corteza (desde donde son transportados retrógradamente hasta el núcleo) o en la base del cerebro donde se encuentran los cuerpos neuronales. **Figura 3b.** Una vez que falla el sistema colinérgico, puede ser “recuperado” mediante implante de células gliales productoras de NGF corticales o basales con (1) o sin (2) inclusiones de genes de neurotrofinas, o mediante terapia génica “inoculando” genes productores de NGF en glía o de enzimas colinérgicas en las neuronas basales (3). También pueden implantarse neuronas productoras de Acetilcolina ACh en corteza (4). No parece, sin embargo, viable el implante de neuronas colinérgicas en el núcleo basal para que desarrollen el circuito basolocortical y substituyan a neuronas perdidas (5) ni tampoco que implantes de neuronas corticales vuelvan a crear circuitos cognoscitivos deteriorados.

funciones corticales, pero con el riesgo de provocar importantes problemas cardiovasculares. Por otra parte, en muchos casos, la función que estamos “recuperando” con la terapia dista mucho de ser la fisiológica que se ha deteriorado o perdido. Pensemos, por ejemplo, que fisiológicamente la acetilcolina actúa en la corteza cerebral durante milisegundos tras su liberación por los terminales de las neuronas colinérgicas de los núcleos basolocorticales, pues es rápidamente metabolizada por la enzima acetilcolinesterasa, y que, en cambio, los anticolinesterásicos empleados en la EA para suplir el déficit de acetilcolina pueden conducir a una actuación de minutos a horas de este neurotransmisor sobre las neuronas corticales. Esto, además, puede tener un efecto secundario añadido de disminución de síntesis de acetilcolina por retroalimentación negativa. Para obviar todos estos inconvenientes ya se están desarrollando algunos fármacos selectivos de subtipos de receptores colinérgicos nicotínicos específicos de la corteza cerebral. Ahora habría que hacer lo mismo con los subtipos de receptores farmacológicamente distinguibles por su afinidad con el N-metil-D-aspartato (NMDA) de receptores para glutamato, ya que fármacos como la meman-

tina, que se emplea en el tratamiento de algunas patologías del SNC, se ha autorizado en la clínica sin mayores ensayos previos y, a consecuencia de ello, aunque ciertos estudios están mostrando algunos beneficios, los resultados son discutibles para muchos investigadores, al mismo tiempo que se piensa que se están propiciando muchas alteraciones ya que se interfieren algunas funciones normales de las neuronas.

En el campo futurista del implante de células en el cerebro con fines terapéuticos (dejando aparte el problema ético de las células madre y pensando en el desarrollo de la aplicación de las células madre adultas, *Acta Científica y Tecnológica*, 5:31-35, 2002), así como el de la terapia génica, existen muchas posibilidades en un futuro cercano, pero también vías ciertamente de imposible desarrollo (Figura 3). Podrían obtenerse, y ya se está consiguiendo, neuronas secretoras de neurotransmisores deficitarios (como acetilcolina) y neuronas o células gliales productoras de neurotrofinas (NGF, otras neurotrofinas) que implantadas en lugares estratégicos (como diversas regiones de la corteza o núcleos basales del cerebro), compensaran los déficits basales regionales y pudieran tam-

bien responder a estímulos fisiológicos cuando fuera necesario. En un sentido similar, podrían las células remanentes hipofuncionantes ser "rehabilitadas" por la inclusión de genes (vehiculizados o no por virus) productores de las sustancias deficitarias (neurotransmisores, sustancias neurotróficas, receptores) o de elementos que las produzcan (enzimas). Sin embargo, debemos considerar una vía imposible hoy en día (y por muchos años) la sustitución de neuronas que pudieran llegar a configurar nuevos circuitos cognoscitivos que substituyeran a los perdidos o deteriorados. La absoluta complejidad de los circuitos con sus conexiones colaterales, las miles de millones de neuronas implicadas en cada una de las funciones cognoscitivas y la comprobación de que aun conservando la especialización de cada circuito, el cerebro funciona como un todo, hacen de imposible cumplimiento el aserto de que las enfermedades neurodegenerativas tendrán su fin con el desarrollo de neuronas a partir de células madre embrionarias, aunque intereses no confesables machaconamente insistan sobre esta "posibilidad".

## CONCLUSIÓN

El conocimiento de la Enfermedad de Alzheimer, así como el desarrollo de terapias preventivas, paliativas o curativas, viene tanto de la investigación de casos de EA y sus modelos experimentales como la de los procesos o sistemas afectados realizada en otras patologías, y sus modelos *in vitro*. Estos últimos estudios parecen aportar mayores conocimientos y apuntar muchas mejores soluciones, pero su extrapolación al Alzheimer resulta muy problemática y da lugar al anuncio de posibles tratamientos que son imposibles tanto teórica como prácticamente. Todos nuestros conocimientos generales debidos al avance de la biomedicina deben ser específicamente reconsiderados en la EA antes de lanzar al mundo soluciones para este terrible problema y no crear estados de grandes esperanzas y grandes decepciones. ■

## Agradecimiento

Agradezco a la Dra. María Isabel Álvarez su valiosa y decidida colaboración en la redacción de la monografía así como en los estudios sobre la Enfermedad de Alzheimer.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aisen PS, y cols. Alzheimer's Disease Cooperative Study. Effects of rofecoxib or naproxen vs placebo on Alzheimer disease progression: a randomized controlled trial. *JAMA*. 289:2819-2826 (2003)
- Auld DS, y cols. Alzheimer's disease and the basal forebrain cholinergic system: relations to beta-amyloid peptides, cognition, and treatment strategies. *Prog Neurobiol* 68:209-45 (2002)
- Clark CM, Karlawish JH. Alzheimer disease: current concepts and emerging diagnostic and therapeutic strategies. *Ann Intern Med* 138:400-410 (2003)
- Conway KA, y cols. Emerging beta-amyloid therapies for the treatment of Alzheimer's disease. *Curr Pharm Des* 9:427-47 (2003)
- De Felice FG, Ferreira ST. Beta-amyloid production, aggregation, and clearance as targets for therapy in Alzheimer's disease. *Cell Mol Neurobiol* 22:545-63 (2002)
- DeKosky ST. Pathology and pathways of Alzheimer's disease with an update on new developments in treatment. *J Am Geriatr Soc*. 51(Sup 2):S314-20 (2003)
- Giacobini E. Cholinesterases: new roles in brain function and in Alzheimer's disease. *Neurochem Res* 28:515-522 (2003)
- Hardy J. The Relationship between Amyloid and Tau. *J Mol Neurosci*. 20:203-6 (2003)
- Hartig W, y cols. Functional recovery of cholinergic basal forebrain neurons under disease conditions: old problems, new solutions?. *Rev Neurosci* 13:95-165 (2002)
- Janus C. Vaccines for Alzheimer's disease : how close are we?. *CNS Drugs* 17:457-474 (2003)
- Kamenetz F, y cols. APP processing and synaptic function. *Neuron*. 37:925-937 (2003)
- Marks N, Berg MJ. APP processing enzymes (secretases) as therapeutic targets: insights from the use of transgenics (Tgs) and transfected cells. *Neurochem Res* 28:1049-1062 (2003)
- Mattson M. Excitotoxic and excitoprotective mechanisms: abundant targets for the prevention and treatment of neurodegenerative disorders. *Neuromolecular Med* 3:65-94 (2003)
- McGeer PL, McGeer E. Is there a future for vaccination as a treatment for Alzheimer's disease?. *Neurobiol Aging* 24:391-395 (2003)
- Nagele RG, y cols. Astrocytes accumulate Abeta42 and give rise to astrocytic amyloid plaques in Alzheimer disease brains. *Brain Res* 971:197-209 (2003)
- Nicoll JA, y cols. Neuropathology of human Alzheimer disease after immunization with amyloid-beta peptide: a case report. *Nat Med* 9:448-52 (2003)
- Olney JW, y cols. Glutamate Receptor Dysfunction and Alzheimer's Disease. *Restor Neurol Neurosci* 13:75-83 (1998)
- O'Neill MJ, y cols. The role of neuronal nicotinic acetylcholine receptors in acute and chronic neurodegeneration. *Curr Drug Target CNS Neurol Disord* 1:399-411 (2002)
- Quinn J, y cols. Inflammation and cerebral amyloidosis are disconnected in an animal model of Alzheimer's disease. *J Neuroimmunol* 137:32-41 (2003)
- Raina AK, y cols. Apoptotic promoters and inhibitors in Alzheimer's disease: Who wins out?. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 27:251-254 (2003)
- Shumaker SA, y grupo WHIMS. Estrogen plus progestin and the incidence of dementia and mild cognitive impairment in postmenopausal women: the Women's Health Initiative Memory Study: a randomized controlled trial. *JAMA* 289:2651-2662 (2003)
- Solomon B. Protective Molecules in Alzheimer's Disease: Therapeutic Antibodies. *Drug News Perspect*. 15:410-416 (2002)
- Sugaya K, Brannen CL. Stem cell strategies for neuroreplacement therapy in Alzheimer's disease. *Med Hypotheses*. 57:697-700 (2001)
- Trinh NH, y cols. Efficacy of cholinesterase inhibitors in the treatment of neuropsychiatric symptoms and functional impairment in Alzheimer disease: a meta-analysis. *JAMA* 289:210-216
- Vila M, Przedborski S. Targeting programmed cell death in neurodegenerative diseases. *Nat Rev Neurosci* 4:365-4375 (2003)
- Wyss-Coray T, y cols. Adult mouse astrocytes degrade amyloid-beta *in vitro* and *in situ*. *Nat Med* 9:453-457 (2003)



## MEDICINA Y SALUD

# El problema del libre albedrío

**AUTOR:** FRANCISCO J. RUBIA  
*Catedrático de Fisiología Humana  
 Director del Instituto Pluridisciplinar de la  
 Universidad Complutense de Madrid*

Cualquiera que quiera ocuparse del tema de la libertad debe prepararse para intentar, creo que en vano, revisar lo que se ha escrito hasta hoy sobre ello. Si consultamos el diccionario de filosofía de Ferrater Mora veremos que la libertad se ha entendido de muchísimas maneras, como posibilidad de autodeterminación, como posibilidad de elección, como acto voluntario, como espontaneidad, como margen de indeterminación, como liberación frente a alguna traba, como liberación para conseguir algo, como realización de una necesidad. Por tanto, este término es prácticamente imposible relacionarlo con algún sustrato neurofisiológico por implicar muchas funciones distintas.

La idea de que existe un libre albedrío, una voluntad, proviene, sin duda, de la impresión subjetiva que todos tenemos de ser libres cuando tomamos una decisión, especialmente si se trata de la realización de un acto motor, en cuyo caso sí sería posible estudiar este fenómeno desde el punto de vista neurofisiológico. Pienso que la conclusión que en su día sacó santo Tomás, cuando decía que el hombre posee libre albedrío porque de otra suerte las exhortaciones, castigos y recompensas carecerían de sentido, fue una conclusión falsa. Habría que darle la vuelta a la frase diciendo que los castigos y recompensas se imponen por la convicción subjetiva que todos tenemos y compartimos de la existencia de un libre albedrío. Pensamos que el hombre es libre para elegir el bien o el mal y ésta es la base de toda moral y de todo sistema punitivo o penal.

Tradicionalmente se considera libre solamente al ser humano como único animal racional. Sin embargo, san Pablo decía: "No entiendo mis propios actos: no hago lo que quiero y hago las cosas que detesto" (Rom. 7, 15); y un poco más adelante dice: "De hecho no hago el bien que quiero, sino el mal que no quiero". En estas frases lo que se transmite es la duda de si somos realmente libres o no, duda que también puede seguirse a lo largo de toda la historia.

Aquí vamos a limitarnos a una sola de las interpretaciones de la palabra libertad, la que se refiere a la libertad de realizar un acto, acto que se denomina voluntario porque se supone que parte de una libre elección entre llevarlo a cabo o no.

Se suele asumir que la experiencia de querer conscientemente una acción y la causa de esa acción tal y como se experimenta por la mente consciente son la misma cosa. Pero por experimentos relativamente recientes ha resultado, sin embargo, que son completamente distintas y la tendencia a confundirlas es la fuente de lo que se ha llamado la ilusión de la voluntad consciente.

El filósofo inglés David Hume define la voluntad de la siguiente manera: "No es otra cosa que la impresión interna que sentimos y de la que somos conscientes, cuando a sabiendas damos lugar a un nuevo movimiento de nuestro cuerpo o a una nueva percepción de nuestra mente".

Esta definición coloca la experiencia personal en el mismo centro de todo el concepto – la voluntad no es ninguna causa o fuerza motriz en una persona, sino más bien es la sensación consciente, personal, subjetiva, de esta causa o fuerza motriz.

Que la voluntad es un sentimiento personal lo vemos en el "síndrome de la mano extraña" que presentan enfermos con lesiones en la región medial del lóbulo frontal; en este síndrome el paciente siente que su mano se mueve de forma autónoma, como si estuviese dirigida por una mente propia. Falta la impresión subjetiva de la voluntad, aunque los movimientos son voluntarios en el sentido tradicional de la palabra, o sea, son movidos por el sujeto. Un paciente describió este fenómeno como si alguien dirigiese su mano desde la luna. Aquí, pues, la acción está separada de la sensación subjetiva de voluntad consciente.

Otro ejemplo de separación entre el acto voluntario y la sensación subjetiva de voluntad es la hipnosis. Cuando el hipnotizador le dice al sujeto que su brazo se hace cada vez más pesado y va cayendo hacia abajo, el sujeto no tiene la impresión de mover voluntariamente la extremidad aunque realmente lo hace, sino parece que algo le está ocurriendo externamente, que el movimiento del brazo es debido a la acción hipnotizadora, es decir, a una voluntad ajena a la suya.

Este último ejemplo es aún más sorprendente porque aquí falta la experiencia subjetiva de la voluntad. En el síndrome de la mano extraña el sujeto simplemente no sabe lo que la mano va a hacer, pero en la hipnosis la voluntad consciente falta aun cuando el conocimiento de la

acción está presente. Con otras palabras: sin la experiencia subjetiva de la voluntad, incluso el conocimiento previo de la acción es insuficiente para que esta acción sea considerada voluntaria por el propio sujeto. Si no se siente como si se hiciese un acto voluntario, no parece que la voluntad estuviese operativa.

Estos dos ejemplos ilustran la falta de voluntad subjetiva aunque exista una acción. Pero existen también casos en los que hay sensación de que se está realizando un acto voluntario aunque no exista movimiento alguno, como ocurre en los enfermos con miembros fantasmas.

Los enfermos que han perdido alguna extremidad, pueden sentir que ésta se mueve involuntariamente (cuando alguien empuja el muñón), o voluntariamente cuando el sujeto intenta moverlo. Por regla general, las partes distales se sienten más fuertemente que las proximales, lo que es lógico si se tiene en cuenta la densidad de receptores y de neuronas sensoriales y motoras que se encargan de ese movimiento en cada lugar.

Lo que resulta sorprendente es que la intención de mover la extremidad puede crear la experiencia de voluntad consciente sin ningún tipo de acción. Esta característica ha sido interpretada como que los mensajes del cerebro a los músculos pueden percibirse antes de que estos mensajes abandonen el cerebro en su camino hacia los músculos. Pero la sensación de mover la extremidad parece depender también de la información que proviene de la periferia. Lo mismo puede ocurrir simplemente mirando a una extremidad que se mueve.

Vilayanur Ramachandran, conocido neurólogo americano de origen indio, realizó un experimento con el miembro fantasma de un sujeto al que se le presentaba la imagen especular de su brazo sano en donde debería estar el que faltaba; el resultado fue que el sujeto sentía mover tanto el miembro sano como el fantasma. Ramachandran sustituyó luego el brazo fantasma por el suyo propio. El resultado fue que la sola visión por el sujeto del brazo de Ramachandran moviéndose fue suficiente para crear la sensación vívida de movimientos articulares en el brazo fantasma. Con otras palabras, el movimiento voluntario podía experimentarse simplemente observando cualquier extremidad donde debería estar la propia. Esto no es de extrañar dado el descubrimiento de la existencia de las llamadas "neuronas especulares" en monos, que se activan tanto con los propios movimientos como con la percepción de los movimientos en otros monos.

La estimulación cortical que realizó el neurocirujano canadiense Wilder Penfield en los años 50 produjo movimientos sin sensación subjetiva de voluntad consciente; sin embargo, Rodríguez Delgado estimuló la cápsula

interna en algunos sujetos y produjo movimientos de cabeza que iban acompañados de la sensación de que eran movimientos voluntarios.

De aquí se puede deducir que la experiencia de voluntad consciente puede estar separada de la fuente cerebral de la acción, ya que se pueden producir actos voluntarios por estimulación cerebral con o sin experiencias de voluntad consciente.

Brasil-Neto y colaboradores utilizaron en 1992 la estimulación magnética transcraneana para estimular el área motora del cerebro. Luego, el sujeto fue requerido que moviese un dedo cada vez que oía un clic (el clic desconectaba el magneto). Se le pidió al sujeto que eligiese libremente el movimiento del índice derecho o izquierdo en cada intento. El magneto se movía alrededor del sujeto para estimular el área motora de cada lado indistintamente. Aunque la estimulación llevaba al sujeto a tener una preferencia por mover el dedo del lado contralateral a la estimulación, los sujetos seguían percibiendo que eran ellos los que voluntariamente movían los dedos. La conclusión que se puede sacar de este experimento es que la experiencia subjetiva de la voluntad puede surgir independientemente de las fuerzas causantes de la conducta motora.

Hasta ahora, estos son intentos de localización de la experiencia de voluntad en el espacio, es decir, en un lugar determinado del cerebro. Ahora veremos los intentos de localización de esa experiencia en el tiempo.

En 1965 Kornhuber y Deecke descubrieron el potencial de disponibilidad o potencial preparatorio que se registra en las regiones precentrales y medio-parietales. Este potencial comenzaba aproximadamente unos 800 milisegundos antes del movimiento. A los 50 milisegundos antes del movimiento tenía lugar el potencial del movimiento.

La pregunta que habría que hacer entonces es la siguiente: ¿Cuándo tiene lugar la experiencia subjetiva de voluntad consciente? Esta fue justo la pregunta que se hizo Benjamín Libet doce años después con resultados sorprendentes. En sujetos de experimentación, generalmente estudiantes voluntarios, Libet pudo demostrar que la experiencia subjetiva de voluntad consciente ocurría mucho más tarde del inicio del potencial preparatorio. El cerebro comenzaba a hacer algo, como hemos dicho, a los 800 milisegundos, pero la persona era consciente de querer mover un dedo, por ejemplo, a los 200 milisegundos antes del movimiento. En realidad, estos resultados coinciden con nuestra percepción de que casi un segundo es un tiempo enorme para el que se debe emplear entre la decisión de mover un dedo y el movimiento de ese dedo; 200 milisegundos es un tiempo más adecuado a nuestra

impresión subjetiva. Libet concluyó que la iniciación del acto voluntario parece ser un proceso cerebral inconsciente. La voluntad consciente no parece ser el agente que inicia el movimiento, sino que se encuentra entre los resultados de esa iniciación inconsciente.

Libet pensó que estos resultados significaban nada menos que el libre albedrío era una ilusión, a pesar de nuestra impresión subjetiva de que movemos los dedos con nuestra voluntad. El cerebro nos hace creer que eso es así, pero la realidad es bien otra. Para suavizar estos resultados, Libet desarrolló una teoría que venía a decir que entre los 200 milisegundos, en los que tenía lugar la voluntad consciente, y el movimiento el cerebro tendría la posibilidad de impedir ese movimiento; es decir, algo así como el derecho a veto. Pero esta teoría tiene un punto débil importante: si a un movimiento voluntario le precede una actividad cerebral involuntaria, ¿por qué no ocurre lo mismo con el veto consciente de Libet?

Los dualistas podrían salir al paso de estas contradicciones argumentando que un espíritu inmaterial domina el libre albedrío y que este espíritu es independiente de las leyes de causa y efecto que rigen, o parecen regir, en la naturaleza. Sin embargo, para la mayoría de los científicos, esta alternativa no es real, entre otras muchas cosas porque viola las leyes de la termodinámica cuando se intenta explicar su interacción con el cerebro.

En nuestra experiencia cotidiana podemos también engañar a la sensación de voluntad consciente dejándola atrás en el tiempo, por ejemplo al responder rápidamente a una llamada telefónica o al matar una mosca nos movemos tan rápidamente que parece como si dejásemos atrás la consciencia de este acto. Libet lo comprobó experimentalmente haciendo que el sujeto apretase un botón cuando aparecía un estímulo luminoso. El tiempo de reacción fue de sólo 100 milisegundos, mientras que la consciencia de haber respondido tardó 500 milisegundos. Esta es la razón por la que pianistas, mecanógrafos o atletas no confían en la consciencia para realizar sus movimientos rápidos porque se hacen más lentos y torpes. La elaboración central, interna, inconsciente, de los movimientos, lo que se ha llamado pre-programación, es mucho más segura ya que es un movimiento sin realimentaciones, demasiado rápido para permitir las reafecciones del propio movimiento.

Resulta extraordinariamente curioso que a lo largo de la evolución el cerebro no sólo ha separado el estímulo de la respuesta, permitiendo al ser humano más grados de libertad al poder inhibir la respuesta o dilatarla en el tiempo (precisamente la labor del lóbulo frontal, o más concretamente, de la corteza prefrontal), sino que ha internalizado el mundo externo de forma que existen movimientos denominados "open loop" o de bucle abierto,

sin realimentaciones periféricas, como los de la mecanógrafa, el pianista o los movimientos sacádicos del ojo, que son más rápidos porque salen totalmente listos para ser realizados. Parece enteramente como si en la evolución hubiese habido una tendencia a una cada vez mayor separación del entorno, o, mejor dicho, un mayor aislamiento, pre-programando el cerebro sus respuestas con ayuda de mapas espaciales o temporales que ya creó a lo largo de su desarrollo filogenético y ontogenético.

En el caso que nos ocupa del libre albedrío podemos decir que comenzamos a reaccionar a un estímulo mucho antes de que seamos conscientes de esa reacción. O, dicho de otro modo: experimentamos la voluntad consciente cuando interpretamos que nuestro propio pensamiento es la causa de sus decisiones.

Aquí ocurre lo que en filosofía se llama *post hoc, ergo propter hoc*, o sea, si ocurre después de algo, este algo es la causa de lo ocurrido, lo cual evidentemente no siempre es cierto.

La experiencia de voluntad no es la lectura directa de alguna fuerza psicológica que causa la acción dentro de nuestro cerebro. La voluntad se experimenta más bien como el resultado de una interpretación de la unión aparente entre el pensamiento consciente que aparece en asociación con la acción y la naturaleza de la acción observada.

Algo de esto ya sospechaba el filósofo Spinoza, quien en su "Ética" decía lo siguiente: "Los hombres se equivocan si se creen libres; su opinión está hecha de la consciencia de sus propias acciones y de la ignorancia de las causas que las determinan. Su idea de libertad, por tanto, es simplemente su ignorancia de las causas de sus acciones".

Y Thomas Henry Huxley, célebre zoólogo y abuelo de Julian y Aldous Huxley opinaba así sobre este tema: "La sensación que llamamos volición no es la causa del acto voluntario, sino simplemente el símbolo en la consciencia de aquel estado del cerebro que es la causa inmediata del acto".

Una opinión más reciente es la de Marvin Minsky, uno de los pioneros de la inteligencia artificial: "Ninguno de nosotros piensa que lo que hacemos depende de procesos que no conocemos; preferimos atribuir nuestras elecciones a la voluntad, volición o autocontrol... Quizá sería más honesto decir: mi decisión estuvo determinada por fuerzas internas que no comprendo".

En resumen, la investigación cerebral nos dice sobre este tema lo que puede resumirse en la frase siguiente: "No hacemos lo que queremos, sino queremos lo que hacemos". ■

# PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACION

## Placa de Honor 2003 concedida a José Román Gómez

José Román es el responsable de la Unidad de Biología Molecular del Hospital Reina Sofía de Córdoba. Comenzó su asistencia clínica en dicho hospital en 1993 y en diez años –ahora tiene 40 de edad– ha hecho que su laboratorio sea uno de los centros de referencia más importantes a escala nacional para el seguimiento molecular y el diagnóstico de los pacientes con hemopatías malignas: cánceres de la sangre, linfomas y leucemias. En este campo ha publicado más de 80 artículos en revistas internacionales.

Fruto de sus trabajos ha sido el cambio en la interpretación del seguimiento de algunas enfermedades como la leucemia mieloide crónica. Especial relevancia a este respecto –tanto por su novedad como por su repercusión internacional– han tenido sus trabajos sobre los mecanismos del proceso de metilación de genes, es decir, los procesos selectivos que operan sobre la base genética para dar salida expresiva a unos genes frente a otros de la misma base. José Román ha comprobado que la metilación de genes concretos son fundamentales en el desarrollo o en el no desarrollo de enfermedades como las leucemias agudas. En determinados diagnósticos

clínicos, el estudio de la metilación permite adelantar un pronóstico, predecir cómo va a evolucionar un paciente y ajustar la intensidad del tratamiento.

Es vice-presidente de la Sociedad Andaluza de Hematología, miembro de la Sociedad Española y Americana de Hematología, miembro de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, miembro de la Academia de Ciencias de Nueva York. Si se tiene en cuenta que comenzó a trabajar en clínica y en el laboratorio hace tan sólo diez años, la ejecutoria actual del Dr. Román, con ser tan cuantiosa, es inferior a lo que promete el resto de su biografía. El único miedo a que tanta promesa no se haga presente nos lo sugiere su exceso de cualidades. Fue subcampeón de España de tenis; le apasiona tocar la guitarra española; el cine le fascina pero no sólo para verlo; tiene una conversación chispeante y graciosa que juega con la paradoja o la sorpresa y evidencia una pensatividad vertiginosa. Y se confiesa incapaz de hacer algo que no le divierta. Por ahora parece que le siguen divirtiendo las modificaciones más sutiles del ADN –más allá de los cambios estructurales en los genes– como, por ejemplo, la metilación de los nucleótidos del ácido nucleico.

Ismael Buño Borde

## Placa de Honor 2003 concedida a Concepción Jordá Gutiérrez

El ejemplo de Concepción Jordá es de los que producen satisfacción a los miembros de la AEC, porque confirman el buen sentido de los dos propósitos que nos asisten en la concesión de nuestras Placas de Honor. El primero es el de distinguir a investigadores emergentes en cuanto a excelencia sobre los que conviene llamar la atención y facilitar su futuro. El segundo propósito es el de reconocer a investigadores eminentes que, por las razones que sean, no han llegado a ser objeto de atención de las entidades premiadoras. La profesora Jordá ha tenido y sigue teniendo el mejor de los reconocimientos a que debe aspirar un científico: la admiración de sus colegas nacionales e internacionales que recurren a su consejo y orientación. Pero ha sido el periscopio de la AEC el que la ha descubierto entre las aguas de la Ciencia para hacerla objeto de una distinción honorífica.

Concepción Jordá es ingeniero agrónomo, catedrático de Patología Vegetal de la Universidad Politécnica de Valencia y Jefe del Departamento de Ecosistemas Agroforestales.

La concesión de nuestra Placa de Honor no va vinculada a un descubrimiento concreto y particularmente descollante. No se le premia un proceso o una fórmula o un método, sino algo mucho más globalizador: el ser la descubridora o la pionera en España de los estudios sobre virosis de hortalizas.

Nosotros no somos adoradores de los *papers* o mejor dicho, del coleccionismo en materia de *papers*. Un solo artículo científico pue-

de cambiar una disciplina y legitimar una biografía. De manera que no consideramos dato definitivo el hecho de que las publicaciones científicas de la profesora Jordá supere la cifra de 150. Lo importante es el valor de cada una de sus publicaciones. Y su originalidad. Se da la circunstancia de que la doctora Jordá opera de una manera especial sobre zonas hortícolas privilegiadas como Almería, Murcia, Alicante, Valencia y Canarias. La actividad y la creatividad mundialmente puntera de estas huertas le plantean problemas fitosanitarios nuevos con los que la doctora Jordá debe enfrentarse “en primera instancia” y sin más recurso que su creatividad y su personalidad científica.

La mención de esas concretas zonas hortícolas no debe desviar nuestra atención del hecho de que el laboratorio que dirige la doctora Jordá es el de referencia para los Servicios de Sanidad Vegetal de todas las Comunidades Autónomas de España. En otras palabras, ese inmenso río verde y vegetal que cada día afluye a Europa desde la huerta española y que el mercado europeo recibe tranquilo tiene en el laboratorio de Concepción Jordá la garantía de su salubridad.

Esto se sabe en Europa y en los organismos de la Unión Europea, y es la razón por la que la propia UE, preocupada por los próximos ingresos en la misma, ha encargado a la doctora Jordá la formación y desarrollo en Chequia de un laboratorio de Sanidad Vegetal que garantice los productos agrícolas checos en el mercado europeo.

Como investigadores que necesitamos legitimar nuestra profesión ante el falso utilitarismo de nuestros rectores públicos el caso de Concepción Jordá es digno de nuestro agradecimiento.



Ella es un ejemplo eminente de la utilidad de la investigación científica. Dedicada a una asistencia permanente y amplia a empresas de producción de sueros y otros reactivos necesarios para la investigación de virología vegetal. Y todavía mayor es su asistencia a empresas agrícolas, cooperativas etc. dedicadas a la exportación de semillas, plantones, esquejes y bulbos.

Pertenece a numerosas sociedades científicas españolas, europeas y americanas. Es muy estrecha su relación con la virología ve-

getal de Italia, Portugal, Francia, Reino Unido y de la Universidad de Florida a donde acude periódicamente para intercambiar experiencias científicas. Y su laboratorio es el punto de destino de muchos investigadores españoles y extranjeros que acuden a lucrarse de sus conocimientos y de su docencia. Porque es acogedora, servicial, sencilla y generosa. Parece que hemos sido los primeros en premiarle. Esperamos que no seremos los últimos.

Antonio Bello Pérez

## Placa de Honor 2003 concedida al Diario "El Mundo"

Afortunadamente, los periódicos de nuestro tiempo conceden espacios más o menos generosos a las noticias de divulgación científica. Con frecuencia se comparan los periódicos diarios en su proyección científica, hasta se discute sobre qué diario es mejor a este respecto. A veces la respuesta exige distinciones diferenciales: tal periódico insiste más en la investigación médica y sanitaria, tal otro en los aspectos medioambientales, no faltan algunos más dados a la tecnología industrial y a sus aplicaciones a la comunicación, etc. El diario "El Mundo" ha tenido un interés temáticamente extenso, pero sus mismos editores consideran que su Suplemento de Salud no tiene parangón en la prensa española. El 24 de septiembre de 2002 anunció que, sin descuidar otros aspectos, sus principales focos de interés serían la biociencia, la astronomía, la antropología, los avances tecnológicos y el medio ambiente. Y, cuando hay ocasión, enjuicia con seriedad la política científica del gobierno, especialmente en sus aspectos presupuestarios.

Su tratamiento de los temas científicos es eminentemente didáctico, con profusión de dibujos y grafismos que facilitan la in-

telección del lector. Porque la intención última del periódico es dar conocimientos y elementos de juicio a los ciudadanos para que sepan responder y exigir más y mejor ante la Administración.

Pero fuera de estos aspectos cualitativos, hay un hecho en el historial del periódico que legitima especialmente la distinción que le otorgamos. En la mencionada fecha de 24 de septiembre de 2002, anunció "El Mundo" que a partir de ese día el periódico publicaría una sección fija dedicada a la ciencia, de manera que las noticias científicas no se albergarían en la Sección de Sociedad, como venía haciéndose en los medios. El director, Pedro J. Ramírez, tuvo ese especial interés en vestir de largo la ciencia como asunto especialmente vinculado al periodismo, por tratarse de una dimensión básica de la sociedad. En ese mismo número José Luis de la Serna comentaba tal decisión en un columna que titulaba "La Cenicienta de los medios", y se refería a la cultura científica que había estado relegada a zonas marginales de nuestra sociedad. Su ejemplo ha sido seguido por otros medios, como no podía ser menos, y la iniciativa de "El Mundo" ha transformado el formato de nuestra prensa a este respecto. Un gran servicio a la ciencia de este país que nuestra Asociación no podía dejar de reconocer.

Jesús Martín Tejedor

## Placa de Honor 2003 concedida a CEVISAMA. Feria de Valencia

En la Feria de Valencia está presente y opera el Salón Internacional de la cerámica, recubrimientos para la construcción, saneamientos, grifería, materias primas, esmaltes, fritas y maquinaria.

Junto a la Feria de Bolonia son los dos acontecimientos más importantes del mundo en relación con este sector del sistema productivo. Cerrada ya su 22 edición, su importancia sigue *in crescendo*.

CEVISAMA conjuntamente con la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio ha constituido un premio titulado Alfas de Oro, cuya consecución proporciona un prestigio enorme a las empresas que lo consiguen. Al reclamo del premio, CEVISAMA cede importantes espacios de la Feria para que los centros de investigación y las empresas tengan un lugar de encuentro donde intercambiar requerimientos para el futuro y vislumbrar su viabilidad científica. El mundo de la ciencia y la tecnología se encuentra con el mundo de la empresa cara a cara, para hablar, para entrever posibilidades, para soñar entre amigos sobre requerimientos que pensados y repensados con los científicos se transforman en realidad posible. No se llevan formularios oficiales, ni solicitudes de financiación mi-

nisterial, ni proyectos protocolizados para su presentación en el Plan Nacional de I+D. Sencillamente los empresarios transmiten nuevos nichos de venta y los investigadores se ponen a pensar si hay horizontes de conocimiento y experimentación capaces de hacer realidad el nuevo *desideratum*.

Luego vendrán acaso los papeles para proyectos del Plan Nacional o para financiaciones del CDTI, pero en esos días de Feria se gestan las líneas de la investigación inmediata a que se entregarán los científicos y tecnólogos del sector. En esta España tan burocratizada científicamente, tan llena de papeleos e informes, tan pretenciosa para dictaminar sobre el futuro deseable y marcar sus prioridades financieras, el caso de CEVISAMA deber ser motivo de profunda reflexión política. Las líneas de trabajo que surgen de esos días de convivencia están marcadas por el signo de la realidad, inspiradas por los que tienen las manos manchadas en la masa, por los que se juegan su dinero y los puestos de trabajo de sus convecinos. Insistamos: CEVISAMA no es un éxito concreto y feliz, sino que deber ser el comienzo de un estilo nuevo, simple, rápido y eficaz. CEVISAMA debe ser el comienzo de una gran bolsa de la realidad real.

Jesús María Rincón

## Placa de Honor 2003 concedida a Pablo Ordejón Rontomé

Pablo Ordejón es un investigador del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB), del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Es un físico teórico que trabaja en el área de la física del estado sólido computacional o simulación. Actualmente es el jefe del servicio de Computación y Comunicaciones del ICMAB y lidera un equipo de investigación de varias personas. Conseguir, como ha hecho él, en cuatro años llegar a investigador científico es poco habitual en el CSIC.

Pablo Ordejón ha sido en gran parte el líder del grupo que ha desarrollado el programa SIESTA (iniciativa española para la simulación de estructuras electrónicas con miles de átomos) que hoy es utilizado en todo el mundo para realizar simulaciones de materiales para sistemas de gran tamaño, utilizando métodos precisos de mecánica cuántica. Supone un gran salto en el cálculo computacional y por tanto un enfoque más eficiente de lo que se había hecho con anterioridad.

Con esta metodología de cálculo es posible establecer modelos de simulación de la realidad y consecuentemente diseñar y predecir propiedades de materiales desde una óptica atómica y enlazar de esta manera con la gran apuesta futura europea del VI programa marco como es la nanotecnología. Así ha podido predecir parámetros de red y propiedades vibracionales y de transporte en nanotubos de carbono con una extraordinaria precisión.

Ordejón ha sabido, a partir de la clásica teoría funcional de la densidad, desarrollada por Walter Khon en los años sesenta, sacar interesantes rutas futuras de aplicaciones prácticas.

Esto ha permitido que su trabajo haya tenido una gran repercusión en la comunidad científica internacional, el tener gran cantidad de colaboraciones internacionales, haber sido requerida su presencia en muchos centros de investigación, el haber dado conferencias plenarias en muchos congresos

internacionales y sobre todo el haber publicado más de 120 trabajos en las revistas más prestigiosas del mundo como *Physical Review*, *Journal of Physics: Condensed Matter*, *Computer Physics Communication*, *Internacional Journal of Modern Physics*, *Journal of Quantum Chemistry*, *Computational Materials Science*, etc.

Fruto del impacto de su trabajo es la cantidad de referencias a sus publicaciones, lo que es el mejor indicador de excelencia para un investigador. Ordejón también ha dado cursos en instituciones internacionales como OTAN, universidad de Trieste, etc., así como la organización de varias conferencias en su campo. Es revisor en revistas de prestigio, evaluador de proyectos en diversas instituciones y agencias, y representante español en el programa "Hacia un diseño de materiales atómico", patrocinado por la Fundación Europea de la Ciencia.

Pero la razón más poderosa para proponerlo como premiado es que es uno de los pocos teóricos que ha querido colaborar de manera efectiva con la industria. De hecho ha tenido y tiene contratos de investigación con empresas españolas como Carburos Metálicos, norteamericanas como Motorola y Air Products, y japonesas como Sumimoto. Su procedimiento y herramienta de cálculo permite simulaciones en sistemas grandes que es lo que le interesa a la industria.

Ordejón es un científico emergente y joven, que está en una fase extraordinariamente creativa y por lo dicho anteriormente es un digno acreedor de la Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos.

Entendemos que esta conexión entre teoría y práctica que está intentando realizar es no sólo posible sino también conveniente, si queremos hacer en España innovaciones de alto valor añadido para el futuro, lo cual deber ser un ejemplo a seguir para muchos investigadores. Como científicos agradecemos enormemente su esfuerzo y le felicitamos porque está haciendo investigación de calidad.

Felipe Orgaz Orgaz

## Placa de Honor 2003 concedida a La Casa de los Volcanes de Lanzarote

Y de nuevo ... Canarias. El año pasado la Placa de Honor al astrofísico Francisco Sánchez, promotor de los observatorios del Teide y de La Palma, y del Centro Nacional de Astrofísica de Tenerife. Y este año distinguimos a la Casa de los Volcanes. Cosa curiosa o coincidencia afortunada ésta de Tenerife y Lanzarote. Como un escenario inspirador de las cosmogonías griegas tenemos en Canarias la gran ventana abierta a los espacios siderales con sus observatorios de importancia mundial, y tenemos también una privilegiada penetración en la corteza terrestre, a través de la Casa de los Volcanes de Lanzarote.

Es un centro de la máxima calidad científica, que está reconocido por los especialistas mundiales como el primero y más importante de los existentes en países con áreas volcánicas ac-

tivas. Centraliza y distribuye los datos del Laboratorio de Geodinámica de Lanzarote a los centros especializados de Luxemburgo, Bélgica, China, Italia, Portugal, etc. Es sede del "Curso Internacional de Vulcanología" patrocinado por la UNESCO y la Asociación Internacional de Vulcanología, junto con otras dos sedes mundiales: la de Japón y Hawaii. Sus instalaciones son de altísimo nivel informático y museístico. Más de un millón de visitantes al año. Sus tareas innovadoras se extienden a empresas como AENA en el ámbito de la aviación comercial y sus actividades docentes tienen gran repercusión en el ámbito de la Protección Civil y en el Medio Ambiente. Mantiene una infraestructura de apoyo a la investigación vulcanológica, con laboratorio de geofísica y petrología, así como biblioteca, litoteca y otros servicios. Y publica una revista de alto nivel científico y proyección internacional, además de un boletín informativo bimensual sobre la actividad volcánica en Canarias.

Jesús Martín Tejedor

**Ingeniería Avanzada**  
**Soluciones**  
**Innovadoras**

AERESPACIAL y SISTEMAS - COMUNICACIONES - VEHÍCULOS  
SISTEMAS de ACTUACIÓN y CONTROL  
CIVIL - ENERGÍA y PROCESOS - NAVAL



**SENER**

[www.sener.es](http://www.sener.es)





Engineering for a Better World

# FOSTER WHEELER ENERGIA, S.A.



## ENGINEERING EXPERTISE

- ◆ Feasibility Studies
- ◆ Project Development (Permitting, Regulatory etc.)
- ◆ Basic and Detail Design
- ◆ Procurement, Expediting & Inspection
- ◆ Project Control & Estimating
- ◆ Construction & Construction Supervision
- ◆ Commissioning & Start-up
- ◆ Personnel Training
- ◆ Plant Operations/Supervision



## STEAM GENERATORS (Boiler Islands) for:

- ◆ Power Plants
- ◆ Pulverized Coal (PC)
- ◆ Fluidized Bed Technology (CFB/BFB)
- ◆ Industrial Applications (PG, O/G, ...)
- ◆ Gas Turbine Heat Recovery (HRSGs)
- ◆ Waste to Energy (CFB)



## SERVICE BUSINESS

- ◆ Spare Parts
- ◆ Power Plant Optimization
- ◆ Retrofits
- ◆ Technical Advisory Services
- ◆ Plant O&M

### FOSTER WHEELER ENERGIA, S.A.

OFICINA: C/ GABRIEL GARCÍA MÁRQUEZ, 2. 28230 LAS ROZAS (MADRID), SPAIN  
TALLERES: CTRA. CONSTANTÍ-ALCOVER, Km. 2. 243120 CONSTANTÍ (TARRAGONA), SPAIN  
Tel. +34 913 36 2500, Fax +34 91336 2964/2965 • Tel. +34 977 25 8100, Fax +34 977 25 8116

Foster Wheeler Energía, S.A. Sociedad Unipersonal. Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid Tomo 18.210, Libro 0, Secc. 8, Folio 150, Hoja M-315329, Inscrp. 1ª, C.I.F. A-83/550.236

[www.fwc.com](http://www.fwc.com)